Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека
Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр
медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека
Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека по Пермскому краю
Отделение медицинских наук Российской академии наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Пермский государственный
медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

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

(Пермь, 5–9 октября 2020 г.)

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

Пермь 2020

УДК 614.2

Ф94 **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, 2020. – 432 с.

ISBN 978-5-398-02417-3

Материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения» обобщают и структурируют теоретический и практический опыт решения санитарно-гигиенических и эпидемиологические проблем субъектов Российской Федерации, а также задач по реализации национальных проектов.

Представленный опыт молодых ученых и специалистов санитарной службы отражает всю глубину и качество решения поставленных задач по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения страны, увеличению продолжительности жизни, укреплению общественного здоровья в рамках национальных проектов «Экология» и «Демография».

В сборнике приведены материалы по обоснованию и выделению приоритетных факторов среды обитания для включения в программы социально-гигиенического мониторинга, в том числе в районах Крайнего Севера. Отражены алгоритмы совершенствования контрольно-надзорной деятельности службы и использования ее результатов для принятия управленческих решений.

Особое внимание уделено вопросам безопасности и качества продовольственного сырья и продуктов питания, определению вредных загрязнителей в пищевых продуктах и упаковке, структуры питания как отправной точки негативного влияния некачественной пищевой продукции на здоровье населения.

Значительное место в материалах отведено профилактике и лечению инфекционных заболеваний, в частности воздействию COVID-19. Отдельные доклады позволили обратить внимание на остроту вопроса воздействия тяжелых металлов на здоровье населения, преимущественно связанного с текущей эксплуатацией обогатительных фабрик или закрытых длительное время назад, что обусловливает текущие последствия по влиянию на население в связи с отсутствием природоохранных мероприятий на этапе добычи.

В материалах конференции представлены результаты оценки риска нарушений здоровья в условиях производственной среды. В некоторых докладах описано влияние отдельных факторов на состояние сердечно-сосудистой и репродуктивной систем человека.

Секция оценки и управления рисками для здоровья детей и подростков собрала широкий спектр материалов по гигиенической оценке воздействия режима и условий учебного процесса на здоровье младшего поколения: избыточную массу тела, нарушения опорно-двигательного аппарата, состояние дыхательной и сердечно-сосудистой систем и т.п. Отдельно представлены исследования состояния здоровья детей на территории Сибири и Крайнего Севера.

Важным направлением конференции явились математические методы обработки информации о состоянии среды обитания и связанной с ней заболеваемостью населения в субъектах РФ. В материалах представлены результаты оценки риска с применением геоинформационных систем. Ряд докладов описывает построение математических моделей течения отдельных процессов в организме человека, связанных с поступлением токсикантов из объектов среды обитания и пищи. Отражены вопросы моделирования распространения физических факторов в среде обитания в условиях городской среды. Уделено внимание ведению интерактивных порталов и сайтов, посвященных распространению загрязнения объектов окружающей среды, инфекционных и неинфекционных заболеваний, в частности COVID-19.

УДК 614.2

Редакционная коллегия:

д-р мед. наук, проф. *А.Ю. Попова*, акад. РАН *Н.В. Зайцева*,
д-р биол. наук, проф. *И.В. Май*, *Д.Н. Кошурников*

ISBN 978-5-398-02417-3

© ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 2020

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель:

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

Заместители председателя:

Смоленский Вячеслав Юрьевич	Заместитель руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Зайцева Нина Владимировна	Научный руководитель ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора
Алексеев Вадим Борисович	Директор ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора

Члены организационного комитета:

Кирьянов Дмитрий Александрович	Заведующий отделом математического моделирования систем и процессов ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора
Кошурников Дмитрий Николаевич	Председатель Совета молодых ученых и специалистов ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора
Лужецкий Константин Петрович	Заместитель директора по организационно-методической работе ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора
Май Ирина Владиславовна	Заместитель директора по научной работе ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора
Мелентьев Андрей Владимирович	Председатель Совета молодых ученых и специалистов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Мустафина Илина Закарияновна	Помощник руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Технический секретариат конференции:

Котлякова Ксения Петровна	Заведующий отделением научной и патентной информации ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора
Нижегородова Александра Андреевна	Редактор ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора

Раздел I

Научно-методическая поддержка и практика реализации национальных проектов

Итоги реализации мероприятий федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография» в Республике Башкортостан в 2019 г. и задачах на 2020–2024 гг.

Н.Х. Давлетнуров, Е.Г. Степанов, Г.Я. Пермина, А.С. Жеребцов

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия по Республике Башкортостан, г. Уфа, Россия

Рассматриваются предварительные итоги реализации задач и мероприятий федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография» в 2019–2024 гг. в Республике Башкортостан.

Ключевые слова: федеральный проект «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография», доступность, качество пищевых продуктов, укрепление общественного здоровья, алиментарно-зависимые заболевания.

Цели исследования:

1. Проведение оценки определения доступности населению отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов, методом обследования 980 организаций розничной торговли в городах, муниципальных районах, поселках городского типа и населенных пунктах республики.

2. Осуществление мониторинга состояния питания детей дошкольного и школьного возраста в 731 организованном коллективе с проведением анкетирования 3000 детей в возрастных группах: до 3 лет, 4–5 лет, 8 лет (2-й класс), 11 лет (5-й класс), 15 лет (9-й класс).

3. Определение показателей качества пищевой продукции посредством проведения лабораторных исследований, испытаний пищевой продукции, производимой на территории РФ и Республики Башкортостан в 100 организациях розничной продовольственной торговли в количестве 2400 исследований.

Материалы и методы. Основанием для проведения работ являются Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», национальный проект «Демография», утвержденный президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16), постановление Правительства РФ от 02.02.2006 № 60 «Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга»[1] [1, 2].

[1] Национальный проект «Демография» / утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 года №16). – М., 2018; О проведении пилотных исследований по мониторингу фактического питания школьников в регионах в рамках реализации федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография»: Приказ Руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека А.Ю. Поповой от 03.09.2019 № 680. – М., 2019.

На I этапе на основе сформированной базы данных, в которые были включены все торговые объекты, зарегистрированные налоговой службой, с кодами ОКВЭД проведено распределение общего объема выборки (980 ед.) в разрезе населенных пунктов республики (табл. 1).

Таблица 1

Общий объем выборки по Республике Башкортостан в зависимости от типа населенного пункта, ед.

Тип населенного пункта, кол-во населения	Город, село	Выборка, ед.
Города, более 1 млн	г. Уфа	190
Города, от 100 тыс. до 500 тыс.	г. Стерлитамак	65
	г. Салават	61
	г. Октябрьский	59
	г. Нефтекамск	69
Города, менее 100 тыс.	г. Сибай	27
	г. Кумертау	58
	г. Бирск	62
	г. Туймазы	90
	г. Белорецк	64
	г. Белебей	31
ПГТ и сельские населенные пункты	с. Месягутово Дуванского района	93
	р.п. Чишмы Чишминского района	111
Всего		980

Оценка наличия пищевой продукции проведена по 11 основным группам пищевых продуктов: хлебные продукты; картофель и продукты его переработки; овощи и бахчевые и продукты их переработки; фрукты и ягоды и продукты их переработки; мясо и мясопродукты; молоко и молочные продукты; яйца; рыба и рыбопродукты; масла растительные; отдельные категории специализированной пищевой продукции (БАД); йодированная соль. Проведено определение доступности населению отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов. Оценка территориальной доступности пищевой продукции производилась путем сравнения уровня розничных цен на одинаковые категории пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов, а также распределение средних показателей доступности и оценка наличия пищевой продукции в торговых точках республики.

Оценка территориальной доступности пищевой продукции производилась путем сравнения уровня розничных цен на одинаковые категории пищевой продукции. Проведено распределение средних показателей доступности и оценка наличия пищевой продукции в торговых точках республики в соответствии с «Инструкцией по подготовке и проведению мониторинга состояния питания детей школьного возраста в организованных коллективах». На базе ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан» в электронную базу внесены данные по анкетам о здоровье и питании детей и 10 анкетам об организации питания в школах.

На II этапе осуществлялось определение показателей качества пищевой продукции посредством проведения лабораторных исследований, испытаний пищевой

продукции, производимой на территории Российской Федерации и Республики Башкортостан в 100 организациях розничной продовольственной торговли.

Статистическая обработка данных осуществлена с применением программного обеспечения Statistica 10 (StatSoft, Inc., США) и Excel (Microsoft Office, 2010).

Результаты. Известно, что полноценное и безопасное питание является важнейшим условием поддержания здоровья, высокой работоспособности и выносливости человека, сохранения генофонда нации. Рациональное питание снижает также риск возникновения различных заболеваний. Мониторинговые исследования осуществлены по решению руководителя Роспотребнадзора А.Ю. Поповой об определении Республики Башкортостан пилотным регионом наряду с Московской, Самарской, Свердловской, Омской областями за счет субсидий бюджета Российской Федерации в рамках установленного государственного задания ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан» на 2019 г.

Для проведения работ по определению доступности населению отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов, проведению мониторинга состояния питания детей дошкольного и школьного возраста в организованных коллективах, определению показателей качества пищевой продукции посредством проведения лабораторных исследований, испытаний пищевой продукции, анализа и оценки полученных результатов к работе привлечены научные организации ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава Российской Федерации.

Для выполнения задач и мероприятий, направленных на реализацию федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография» в республике, главой Республики Башкортостан Р.Ф. Хабировым даны поручения Министерствам образования и науки, здравоохранения Республики Башкортостан, Государственным комитетам Республики Башкортостан по торговле и защите прав потребителей, по предпринимательству и туризму, Торгово-промышленной палате Республики Башкортостан оказать содействие в выполнении работ.

В период выполнения работ по реализации федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография» Управлением Роспотребнадзора по Республике Башкортостан издано шесть приказов (по назначению ответственных должностных лиц; по созданию рабочей группы для проведения анкетирования в организациях торговли по определению доступности населению отечественной пищевой продукцией, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов»; по проведению пилотных исследований по мониторингу фактического питания школьников; по утверждению состава должностных лиц Управления Роспотребнадзора по Республике Башкортостан, специалистов ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан», ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», входящих в коллектив исследователей для проведения мониторинга состояния питания детей школьного возраста в Республике Башкортостан).

При Управлении Роспотребнадзора по Республике Башкортостан проведено три рабочих совещания с Государственным комитетом Республики Башкортостан по торговле и защите прав потребителей, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии

в Республике Башкортостан». Для должностных лиц отделов, территориальных отделов Управления Роспотребнадзора по Республике Башкортостан, специалистов ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан» и его филиалов организован и проведен обучающий вебинар.

В рамках взаимодействия с государственными органами, органами исполнительной власти, органами местного самоуправления Республики Башкортостан по обеспечению доступа к отечественным пищевым продуктам, способствующим устранению дефицита микро- и макронутриентов, в детских и подростковых организациях, включения в рационы питания детей пищевых продуктов, обогащенных витаминами и микронутриентами, направлены предложения и рекомендации:

- в 21 ОМСУ о разработке программ, направленных на развитие производства и оборота продуктов питания массового потребления, обогащенных микронутриентами;
- 29 юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям, осуществляющим производство пищевых продуктов, о принятии мер по расширению ассортимента и выпуску продукции, обогащенной йодом, а также обогащенной другими необходимыми макро- и микронутриентами (пищевые волокна, витамины группы В, фолиевая кислота, железо и другие);
- в Министерства здравоохранения, образования и науки, семьи, труда и социальной защиты населения Республики Башкортостан, Государственный комитет Республики Башкортостан по торговле и защите прав потребителей о замене обычных продуктов на пищевые продукты, обогащенные незаменимыми компонентами;
- проведено шесть совещаний в администрациях муниципальных образований республики (Иглинский, Благовещенский, Нуримановский, Уфимский, Дуванский, Салаватский районы).

Всего отобрано 620 образцов (проб) по 11 группам товаров (хлебные продукты; фрукты и продукты их переработки; овощи; мясные изделия; яйца и яйцепродукты; молочная продукция; рыба и продукты ее переработки; масложировая продукция; кондитерские изделия; биологически активные добавки к пище; йодированная соль), а также осуществлялась оценка физической и территориальной доступности отечественной пищевой продукции, способствующей снижению дефицита макро- и микронутриентов по Республике Башкортостан (табл. 2).

По предварительным итогам проведенного анкетирования в торговых точках в республике приоритетными группами по наличию пищевой продукции являются «Хлебные продукты», «Мясо и мясопродукты», «Молоко и молочные продукты», «Масла растительные» (табл. 3).

Испытательный лабораторный центр (ИЛЦ) проводил исследования (испытания) определенного перечня пищевой продукции по показателям качества, предусмотренным 2.3.7.0153-19.2.3.7 «Гигиена. Гигиена питания. Состояние здоровья населения в связи с состоянием питания. Оценка качества пищевой продукции и оценка доступа населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов. Методические рекомендации» (утвержденными Главным государственным санитарным врачом РФ 26.09.2019).

В соответствии с приложением № 1 МР 2.3.7.0153-19.2.3.7.на базе ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан» проведены исследования и оценены следующие показатели: органолептические показатели, жиры,

белки, зола, влажность, углеводы, пищевые волокна, витамины, минеральные вещества, консерванты, синтетические красители, органические кислоты, жирнокислотный состав, трансизомеры жирных кислот.

Таблица 2

Оценка физической и территориальной доступности отечественной пищевой продукции в Республике Башкортостан в 2019 г.

Наименование продукта	В наличии пищевая продукция, %
Хлебные продукты (хлеб и макаронные изделия, мука, крупа и бобовые)	98,0
Картофель и продукты его переработки	100
Овощи и бахчевые, продукты их переработки	92,0
Фрукты и ягоды и продукты их переработки	96,0
Мясо и мясопродукты	99,0
Молоко и молочные продукты	99,0
Яйца	100
Рыба и рыбопродукты	97,0
Масла растительные	100
Отдельные категории специализированной пищевой продукции	100

Таблица 3

Оценка наличия пищевой продукции в торговых точках в Республике Башкортостан в 2019 г.

Наименование группы, пищевой продукции	Выборка, ед.	В наличии пищевая продукция, %
Хлебные продукты (хлеб и макаронные изделия, мука, крупа и бобовые)		
Хлеб пшеничный	865	88,0
Крупа гречневая	824	84,0
Макаронные изделия	829	85,0
Рис	819	84,0
Мясо и мясопродукты		
Колбаса вареная	830	85,0
Сосиски	814	83,0
Курица	724	74,0
Молоко и молочные продукты		
Молоко	815	83,0
Кефир	774	79,0
Йогурт	757	77,0
Сыр	759	77,0
Масла растительные		
Масло подсолнечное	843	86,0
Масло кукурузное	188	19,0

ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан» проведены исследования по всем показателям, кроме стеринов, витамина К и витамина D. Дополнительно в целях исполнения в полном объеме лабораторного обеспечения мониторинга качества пищевой продукции ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан» заключены договоры в рамках субподря-

да образцы (пробы) пищевой продукции, образцы (пробы) пищевой продукции направлены в «опорные базы» (табл. 4).

Таблица 4

Сводные данные о результатах лабораторных исследований образцов (проб) пищевой продукции, направленные в «опорные базы»

Наименование продукта	Всего	Удельный вес, %
Всего	211	100
Из них: молочная продукция	87	41,2
мясные изделия	52	24,6
рыба и продукты ее переработки	40	19,0
биологически активные добавки к пище (БАД)	10	4,7
хлебные продукты	9	4,3
фрукты и продукты их переработки	8	3,8
кондитерские изделия	3	1,4
овощи	2	0,9

С учетом корректировки объема и сроков отбора план-график отбора образцов (проб) и исследований пищевой продукции направлен в ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора.

Должностными лицами Управления Роспотребнадзора по Республике Башкортостан принято участие в разработке методических рекомендаций МР 2.3.2.3 «Гигиена питания. Подготовка и проведение мониторинга состояния питания детей школьного возраста в организованных коллективах» (письмо от 19.09.2019 № 02-20-02/11-1660-2019), методических рекомендаций МР «Оценка качества пищевой продукции и оценка доступа населения к отечественной пищевой продукции, способствующей устранению дефицита макро- и микронутриентов» (письмо от 19.09.2019 № 02-20-02/11-1661-2019).

В 711 образовательных организациях республики проведена оценка меню в организованных коллективах по отдельным показателям: охват детей питанием по приемам пищи: завтраки, обеды, полдники, в том числе горячим питанием; охват бесплатным питанием; стоимость питания в школах; обеспеченности физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии по анализу меню и буфетной продукции для школ; в 110 общеобразовательных организациях (I этап: с 15.05.2020 г. по 20.05.2020 г.: 10 школ, 519 анкет; II этап: с 10.09.2020 г. по 19.09.2020 г.: 100 школ, 2392 анкеты) проведено анкетирование 2911 родителей с детьми по оценке питания школьников, задачами которого явились: оценка частоты потребления отдельных продуктов детьми школьного возраста; оценка качества и удовлетворенности питанием в образовательных организациях детьми и их родителями; оценка основных параметров здоровья, антропометрических характеристик детей школьного возраста, посещающих образовательные организации.

Должностными лицами Управления Роспотребнадзора по Республике Башкортостан и его территориальных отделов проведено анкетирование на 820 объектов торговли, из них из основного списка – 679, запасного списка –141.

Отобрано 620 образцов, из них 115 нестандартных проб (18,5 %), проведено 17 777 исследований по 11 наименованиям в 100 торговых точках республики (табл. 5).

Таблица 5

Определение качества пищевой продукции в 100 торговых точках Республики Башкортостан в 2019 г.

Ранговое место	Наименование продукта	Отобрано проб, всего	Из них нестандартных проб	
			всего	%
1	Кондитерские изделия	30	14	47,0
2	Хлебные продукты	75	24	32,0
3	Молочная продукция	210	44	21,0

Исследования проведены по показателям качества (органолептические, массовая доля белка, жира, золы, влаги, моно- и дисахаров, пищевых волокон; расчетным методом – углеводы, энергетическая ценность), содержания витаминов, минеральных веществ, органических кислот, оценка жирно-кислотного состава и видовой принадлежности мясного сырья, входящего в состав продукции, по показателям безопасности – консерванты, синтетические красители, стерины; проведена оценка маркировки (этикеточных надписей и / или вкладышей) образцов пищевой продукции на соответствие требованиям технического регламента ТР/ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки».

Проведена оценка на соответствие требованиям технических регламентов 620 этикеток, из них не соответствуют требованиям технических регламентов 98, или 15,8 % (табл. 6).

Для проведения пилотных исследований в начале сентября 2019 г. проведены организационные мероприятия (выборка школ, отобранных методом случайной выборки): работа со списком школ; установление факта функционирования школы, наличия в них детей; исключение частных школ, школ-интернатов, закрытых школ, приютов; сверка в ЕГРЮЛ, корректировка наименования, юридического адреса; проведение сопоставимых замен школ из списка № 2, при необходимости их корректировка; корректировка фактического адреса, ОКВЭД, вида деятельности.

Таблица 6

Определение маркировки пищевой продукции в 100 торговых точках Республики Башкортостан в 2019 г.

Ранговое место	Наименование продукта	Отобрано проб, всего	Из них нестандартных проб	
			всего	%
1-е	Кондитерские изделия	30	14	47,0
2-е	Хлебные продукты	75	25	33,0
3-е	Молочная продукция	210	34	16,0

В ходе подготовительных работ к проведению пилотных исследований по мониторингу фактического питания школьников в республике Управлением Роспотребнадзора по Республике Башкортостан (для оказания содействия в проведении исследований, направление выборки школ для анкетирования и анализа меню питания) осуществлено письменное информирование главы Республики Башкортостан, правительства Республики Башкортостан, руководителей органов исполнительной власти в сфере образования, здравоохранения, глав администраций муни-

ципальных образований республики, руководителей общеобразовательных организаций, включенных в проект методом случайной выборки. Также с целью эффективной реализации национального проекта «Демография» в республике проведена масштабная информационная кампания среди населения о ходе реализации федеральных и региональных проектов по направлению «Демография».

По поручениям Роспотребнадзора в 2020 г. продолжается участие в проведении мониторинга состояния питания организованных детских коллективов республики, основанного на результатах научных исследований в области нутрициологии, диетологии и эпидемиологии, взаимосвязи здоровья детского населения со структурой питания и качеством пищевой продукции.

Проведение мероприятий по обеспечению доступа детского населения к отечественным пищевым продуктам, способствующим устранению дефицита микро- и макронутриентов, в том числе усиления лабораторного контроля за показателями качества пищевой продукции и соответствия ее принципам здорового питания.

Осуществление федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора за обеспечением исполнения обязательных требований государственных санитарно-эпидемиологических правил и нормативов по проведению мероприятий по профилактике витаминной и микроэлементной недостаточности в образовательных организациях, организациях отдыха детей и их оздоровления.

Проведение информационно-коммуникационных кампаний по вопросам здорового питания с использованием основных коммуникационных каналов для всех целевых аудиторий (беседы, лекции, выступления и т.д.).

Полученные результаты лабораторных испытаний проанализированы по маркерным показателям для каждого вида пищевой продукции, при этом исследованные показатели оценивались на соответствие требованиям технических регламентов, ГОСТ, в соответствии с которыми изготовлен продукт. Особое внимание уделялось оценке маркировки на соответствие ее требованиям технических регламентов, в том числе по показателям пищевой ценности и ингредиентному составу, в обогащенных пищевых продуктах результаты исследований сравнивались с показателями, вынесенными на этикетку.

Выводы и предложение. В рамках реализации задач федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография» проведены:

1. Мониторинг состояния питания детей школьного возраста в 711 общеобразовательных организациях республики, анализ меню питания школьников и анкетирование 2866 родителей с детьми по вопросам питания.

2. Оценка качества основных видов пищевой продукции, производимой в Российской Федерации и Республике Башкортостан, в 100 организациях торговли.

Исследовано 620 образцов продовольственного сырья и пищевых продуктов, проведено 17 777 исследований 11 наименований пищевых продуктов. Не соответствовали нормативам 116 проб (18,7 %) (268 исследований), из них: мясные изделия – 34 %; овощи – 17,7 %; молоко и молочные продукты – 12,1 %; хлебные продукты – 12,1 %; яйца – 8,1 %; кондитерские изделия – 4,8 %; БАД – 3,2 %; масложировые продукты – 2,4 %; фрукты и продукты их переработки – 2,4 %; рыба и продукты их переработки – 1,6 %; соль – 1,6 %.

3. Оценка маркировки 620 потребительских этикеток: не соответствовали требованиям технического регламента – 98 (15,8 %).

4. Мониторинг доступа населения к отечественным пищевым продуктам, способствующим снижению дефицита макро- и микронутриентов, в 980 организациях торговли. Анализ и оценка полученных результатов анкетирования проводятся ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания биотехнологии и безопасности пищи» Роспотребнадзора.

Таким образом, выявленные несоответствия результатов лабораторных исследований, а также оценка доступа населения к отечественной пищевой продукции дают основания для неблагоприятного прогноза по поступлению пищевых веществ (макро- и микронутриентов) в организм человека, что, в свою очередь, способствует риску возникновения различных заболеваний, в том числе алиментарно-зависимых.

С целью соблюдения обязательных требований к пищевым продуктам производителями в установленном порядке выдано девять предостережений о недопустимости нарушения обязательных требований.

В январе 2020 г. информация о несоответствии пищевой продукции, находящейся на потребительском рынке Республики Башкортостан, направлена в Министерство сельского хозяйства Республики Башкортостан, Государственный комитет Республики Башкортостан по торговле и защите прав потребителей для принятия необходимых управленческих решений.

С целью укрепления общественного здоровья проведено более 500 просветительских мероприятий, направленных на мотивирование граждан к ведению здорового образа жизни

В связи с вышеизложенным Управление Роспотребнадзора по Республике Башкортостан предлагает следующее:

1. Продолжить проведение мониторинга состояния питания организованных детских коллективов Республики Башкортостан, основанного на результатах научных исследований в области нутрициологии, диетологии и эпидемиологии, во взаимосвязи здоровья детского населения со структурой питания и качеством пищевой продукции.

2. Обеспечить доступ детского населения к отечественным пищевым продуктам, способствующим устранению дефицита микро- и макронутриентов, в том числе усиления лабораторного контроля за показателями качества пищевой продукции и соответствия ее принципам здорового питания.

3. Усилить осуществление федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора за обеспечением исполнения обязательных требований государственных санитарно-эпидемиологических правил и нормативов по проведению мероприятий по профилактике витаминной и микроэлементной недостаточности в образовательных организациях, организациях отдыха детей и их оздоровления.

4. Организовать проведение информационно-коммуникационных кампаний по вопросам здорового питания с использованием основных коммуникационных каналов для всех целевых аудиторий (беседы, лекции, выступления и т.д.).

Список литературы

1. Национальный проект «Демография»: оценка доступности и качества пищевых продуктов в Республике Башкортостан / А.А. Казак, И.И. Хисамиев, О.Р. Зубайдуллина, А.И. Лукманова // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безо-

пасности 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: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. – Т. 2. – С. 290–295.

2. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сайт. – URL: http://kremlin.ru/events/president/news/57425 (дата обращения: 10.09.2020).

Образование населения и уровни потребления алкогольной продукции как факторы, влияющие на ожидаемую продолжительность жизни населения РФ

М.В. Глухих

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

Проводился анализ тенденций употребления алкогольной продукции на территории РФ за период 2010–2018 гг. Была построена множественная линейная регрессионная модель ($R = 0{,}67$; $R^2 = 0{,}44$; $p < 0{,}05$) с двумя независимыми (доля трудоустроенных граждан, имеющих высшее образование, и количество этанола на душу населения) и одной зависимой переменными (ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ) всего населения РФ), результаты которой при сценарном изменении регрессоров показали увеличение ОПЖ всего населения РФ на 0,62 года (226 дней). Получено, что в 28 субъектах увеличение доли граждан с высшим образованием до 35,0 % может увеличить ОПЖ всего населения от 1,0 до 1,97 г., в случае с алкоголем – от 1,02 до 3,09 г. в 24 субъектах.

Ключевые слова: ожидаемая продолжительность жизни, субъекты Российской Федерации, употребление алкоголя, высшее образование, регрессионная модель.

В настоящее время в эпидемиологии неинфекционных заболеваний превалирует идея, что основной вклад в данные заболевания вносят социально-экономические детерминанты, которые обусловливают все остальные факторы: образ жизни, экологию, генетику и систему здравоохранения. Социально-экономический статус (СЭС) человека будет определять, где он живет, кем работает, как проводит свой досуг, доступность к качественной медицинской помощи и др. Исходя из этого с увеличением уровнем благосостояния и образования расширяются возможности по сохранению здоровья и наоборот. В обществе возникает так называемый социальный градиент. Данный феномен постулирует, что люди с более низким СЭС будут больше подвержены факторам риска, деструктивно влияющим на здоровье.

Одним из основных социально-экономических драйверов здоровья является образование. С повышением уровня образования происходит более полное пони-

мание человеком факторов риска и механизмов их реализации, влияющих на появление и развитие отрицательных состояний, в конечном итоге приводящих к конкретным заболеваниям. Кроме того, высокий уровень образования позволяет человеку придерживаться определенных паттернов поведения здорового образа жизни, стратегия которых направлена на сохранение здоровья путем избегания факторов риска или минимизации их воздействия [15]. Также, чаще всего, повышение уровня образования связано с расширением возможностей трудоустройства с последующим увеличением уровня благосостояния, что также опосредованно будет способствовать профилактике заболеваний.

Одним из наиболее приоритетных факторов риска в современном обществе, наряду с курением, неправильным питанием, наркоманией, экологией и другими, является чрезмерное употребление алкоголя. Данная проблема наиболее остро проявляется во времена кризисов и переломных моментов в обществе, которые в нашей стране на протяжении XX в. (и не только) происходили достаточно часто. Можно предположить, что в России исторически сложилась низкая культура употребления алкоголя и на нее наложились последствия социальных преобразований и потрясений, происходивших в прошлом. В то же время постоянные социальные изменения, в свою очередь, могли повлиять на ухудшение условий жизни и ощущение перманентного социального стресса в обществе, что проявлялось в злокачественном употреблении алкоголя. Так или иначе, согласно статистике уровней розничных продаж алкогольной продукции, в России действительно наблюдались высокие уровни потребления алкоголя, оказывающие негативное влияние на здоровье населения, между тем в последние годы наблюдается тенденция к снижению уровней продаж алкоголя и, соответственно, уровней потребления[1].

Несмотря на то что существуют исследования, доказывающие, что увеличение потребления алкоголя приводит к росту заболеваемости и смертности населения, нет четкого понимания того, какая доза будет считаться приемлемым риском в отношении развития негативных эффектов или даже обладающая протективными свойствами от некоторых заболеваний. В данное противоречие вносят определенный вклад как генетические составляющие (разное количество алкогольдегидрогеназы среди мужского и женского пола, среди разных этносов), так и социальные (религия, традиции, культура распития алкогольных напитков, инструменты маркетинга, глобализация). Согласно кембриджскому исследованию, безопасной дозой алкоголя в день считается 14 г, другие источники сообщают, что без значительного вреда женщинам можно употреблять не более 12 г этанола в день, мужчинам не более 24 г, отечественные источники утверждают и о меньшей приемлемой дозе для мужчин (20 г) и женщин (10 г) [1, 8, 18]. Данные исследования не ставили своей задачей дискредитировать рекомендации врачей по полному отказу от алкоголя населением, а скорее показали дозу приемлемого риска, при которой не будет ярко выраженного негативного эффекта для индивидуального и общественного здоровья. Помимо объема потребляемого алкоголя человеком важное значение имеет модель потребления, т.е. «что пьют» и «как часто пьют». В докладе Всемирной организации здравоохранения, посвященном оценке влияния алкоголя на здоровье населения используют показатель «Оценка паттернов употребления алкоголя» или

[1] Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019: Р32 стат. сб. / Росстат. – М., 2019. – 1204 с.

PDS[2] (Patterns of drinking score), согласно которому РФ получила наибольший балл, т.е. наиболее рискованный тип употребления алкоголя [19]. Существуют также другая градация моделей потребления алкогольной продукции, которая выделяет три их типа: средиземноморская, центрально-европейская и североевропейская модели. Первые два типа характеризуются порицанием общественного распития алкоголя и различаются лишь в приоритетном выборе алкоголя (для первой это вино, для второй – пиво). Североевропейская модель характеризуется меньшим порицанием общественного распития алкоголя и преимущественным употреблением крепких напитков (водка). Поэтому часто данную модель еще называют «Северной» или «Водочной» [20]. В модели потребления алкоголя также имеют значение так называемые «тяжелые» эпизодические случаи употребления алкоголя (свыше 60 г этанола в день), в результате которых алкоголь проявляет токсичность для организма человека, а также приводит к внешним травмам, в том числе насильственным [6].

Алкоголь принимает непосредственное участие в патогенезе многих заболеваний и состояний, таких как: алкогольный гепатит / цирроз печени, алкогольный панкреатит, алкогольная кардиомиопатия, алкогольная полинейропатия и энцефалопатия, ожирение, сахарный диабет, алкоголизм, фетальный алкогольный синдром и другие. В своем исследовании Т.В. Коссова и др. [7] показали отрицательное влияние алкоголя на смертность от внешних причин в краткосрочном периоде, а также на ожидаемую продолжительность жизни у мужчин с лагом в два года. В ряде других работ делались исчерпывающие обзоры, а также показывалась связь между потреблением алкоголя и показателями смертности населения РФ, в том числе от внешних причин [2–4, 9, 12, 17].

Существующие исследования не дают четкого понимания, как именно уровень образования сказывается на потреблении алкоголя. В исследовании ЭССЕ-РФ не выявлено достоверных различий между уровнем образования и избыточным потреблением алкоголя, однако была найдена ассоциация между высоким благосостоянием мужчин и злоупотреблением алкоголя [15]. В исследовании С.А. Максимова [13] также не выявлено явного влияния уровня образования на употребление алкоголя, при этом показано, что значимое влияние оказывают возрастно-половые параметры. По данным О.В. Озеровой [11], чем выше уровень образованности мужчин, тем меньше проявляется приверженность к алкоголю; среди женского населения высокие уровни приверженности проявляли как женщины с высшим образованием, так и женщины с низким уровнем образования, к тому же влияние уровня доходов на приверженность к алкоголю показало нелинейную *U*-образную зависимость.

Согласно Указу Президента Российской Федерации увеличение продолжительности жизни является приоритетной задачей в области социально-демографической политики в нашей стране, и к 2030 г. она должна увеличиться до 78 лет [10]. В этом направлении уже было проведено несколько исследований, в которых показывалась связь факторов среды обитания различной природы и ожидаемой продолжительности жизни [14, 16].

[2] PDS (Patterns of drinking score) – показатель включает в себя шесть характеристик, которые по-своему взвешиваются и их сумма переводится в 5-балльную шкалу.

Цель исследования – оценить влияние уровня высшего образования и уровней потребления алкоголя на ожидаемую продолжительность жизни населения РФ, а также сравнить модели потребления алкоголя Российской Федерации с другими странами.

Материалы и методы исследования. В качестве исходных данных использовалась информация Федеральной службы государственной статистики (Росстат) за 2010–2018 гг. В качестве показателя уровня образования населения использовался параметр «Доля трудоспособного населения с высшим образованием». Потребление алкоголя рассчитывалось на основе показателя «Уровни продаж алкогольной продукции» (по видам). В расчет не были взяты «слабоалкогольные напитки (доля этанола <5,0 %)». Из-за отсутствия информации по объемам продаж отдельных видов алкогольной продукции согласно соответствующим ГОСТ перерасчет содержания этилового спирта в 1 л алкогольной продукции проводился по следующим параметрам: водка и ликероводочные изделия – 44,0 %; коньяк – 40,0 %; винодельческая продукция (без вин игристых и шампанских) – 14,0 %; вина игристые и шампанские – 18,5 %; пиво и пивные напитки – 5,6 %. Представленные значения были получены путем осреднения «крепости» соответствующих видов алкогольной продукции, указанных в ГОСТ. Показатели ожидаемой продолжительности жизни также были взяты с ресурсов Росстата. В качестве исходных единиц наблюдения использовались региональные значения субъектов РФ по выбранным показателям за период 2010–2018 гг., за исключением городов: Москвы, Санкт-Петербурга, (в силу особенностей структуры населения – 100 % городское население), а также Республики Ингушетия, Чеченской Республики и г. Севастополя (из-за пробелов в статистике).

В качестве основного метода использовалась множественная линейная регрессия. Зависимой переменной являлась «Ожидаемая продолжительность жизни всего населения РФ», регрессорами (независимой переменной) – «Доля трудоспособного населения с высшим образованием» и «Уровни продаж алкогольной продукции» (переведенные в литры и граммы этанола на душу населения).

В качестве основных ориентиров для прогноза возможных эффектов от снижения подушевого потребления этанола и увеличения доли граждан с высшим образованием была использована следующая информация: по некоторым оценкам долю людей с высшим образованием в РФ следует довести до 35,0 % [5], приемлемой в отношении риска возникновения отдаленных последствий от употребления алкоголя нормой этанола будет считаться 15 г[3]. При этом если в субъекте потребление алкоголя на 2018 г. было меньше, чем 15 г на душу взрослого населения или если доля людей с высшим образованием составляла 35,0 % и более, то оставлялось текущее значение.

Результаты. За период 2010–2018 гг. употребление этанола на душу населения снизилось на уровне РФ на 33,6 % (табл. 1). В наблюдаемое снижение внесли свой вклад все виды алкогольной продукции, кроме коньяка, уровни потребления которого относительно стабильны.

[3] Данное значение является осреднением приемлемого, с точки зрения риска возникновения отдаленных последствий для здоровья потребления алкоголя мужчинами (20 г) и женщинами (10 г). На основании рекомендаций «Национального медицинского исследовательского центра профилактической медицины».

Таблица 1

Уровни продаж алкогольной продукции на душу взрослого населения в Российской Федерации, л/человека

Год	Водка и ликеро-водочные изделия, л/человека	Коньяк, л/человека	Винодельческая продукция, л/человека	Вина игристые и шампанские, л/человека	Пиво и пивные напитки, л/человека	Этиловый спирт на душу взрослого населения, л/человека	Этиловый спирт на душу взрослого населения, г/человека/день
2010	13,18	0,93	8,64	2,28	83,86	12,5	27,16
2011	13,09	0,97	8,13	2,39	84,68	12,5	27,16
2012	12,83	1,04	7,85	2,37	85,31	12,4	26,94
2013	11,23	1,02	7,03	2,33	82,74	11,4	24,77
2014	9,33	0,95	7,5	2,19	74,28	10,1	21,94
2015	8,09	0,88	7,23	1,96	67,42	9,1	19,77
2016	8,05	0,86	7,08	1,83	65,08	8,9	19,34
2017	6,78	0,88	7,69	1,41	60,54	8,1	17,60
2018	6,98	0,96	7,99	1,42	61,4	8,3	18,03
Темпы прироста / убыли относительно базисного года (2010)	–47,04	3,23	–7,52	–37,72	–26,78	–33,6	–33,6

В абсолютном объеме наибольшую долю потребления алкоголя за 2018 г. составляют пиво и пивные напитки – 77,96 %, доля водки в общем объеме потребления снизилась с 12,1 % в 2010 г. до 8,86 % в 2018 г., одновременно с этим выросло потребление винодельческой продукции с 7,93 % в 2010 г. до 10,15 % в 2018. В целом совокупная доля крепких алкогольных напитков (водка и коньяк) в пересчете на этанол снизилась с 49,37 % в 2010 г. до 41,77 % в 2018 г. Рассмотренные тенденции показывают снижение объемов потребления, а также смену модели потребления алкоголя населением РФ с «Северной (водочной)» на «Центрально-европейскую». Данные изменения, скорее всего, связаны с целенаправленно реализуемой политикой государства по снижению злоупотребления алкогольной продукции и профилактикой алкоголизма среди населения, а также стабилизацией социально-экономической ситуации. Кроме того, косвенным показателем наблюдаемых изменений могут служить данные государственного доклада[4] Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека за 2018 г., в котором сообщается о снижении показателя острых отравлений спиртосодержащей продукцией на 2,6 % относительно 2013 г., в том числе с летальными исходами – на 17,9 %.

Ограничениями данных оценок могут являться: отсутствие в совокупном объеме слабоалкогольных напитков; отсутствие информации по неучтенному алкоголю (домашнее производство, контрабанда, трансграничные закупки, суррогатный

[4] О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2019. – 254 с.

алкоголь), а также приблизительные расчеты по содержанию этанола в объеме продукции. Однако уловленные тенденции, вероятно, не будут сильно отличаться от фактической ситуации.

Помимо снижения употребления алкогольной продукции происходило увеличение доли трудоустроенного населения с высшим образованием. За период 2010–2018 гг. доля данного населения в РФ увеличилась с 28,9 до 34,2 %.

В табл. 2 представлены уровни потребления алкоголя в разрезе стран Европы. Из данной таблицы видно, что Россия из десятка выбранных стран заметно выделяется по уровню потребления этанола на душу населения (2-е место после Израиля), однако уровень ОПЖ самый низкий. Наблюдаемый феномен объясняется показателем HED (Heavy Episodic Drinking, или тяжелое эпизодическое употребление алкоголя), который показывает долю людей среди употребляющих алкоголь, которые одномоментно употребляют 60 г и более чистого этилового спирта хотя бы раз в течение месяца.

Таблица 2

Уровни потребления алкогольной продукции (по видам) в литрах на душу населения (15 лет и старше), а также значения ОПЖ по странам за 2018 г.

Страна	Всего этанола, л/человека	Пиво, л/человека	Вино, л/человека	Крепкие виды алкоголя, л/человека	HED[5], %	ОПЖ, лет
Россия	7,69	3,35	1,14	3,21	60,6	72,4
Белоруссия	10,9	2,18	0,91	4,53	34,1	74,6
Латвия	12,6	5,30	1,40	5,10	59,0	75,2
Дания	9,31	3,45	4,22	1,65	40,0	80,8
Германия	10,81	5,64	3,11	2,07	43,1	81,2
Бельгия	9,42	4,46	3,47	1,15	42,1	81,5
Финляндия	8,37	3,97	1,72	1,10	39,0	81,7
Франция	11,24	2,43	6,29	2,35	41,5	82,5
Израиль	2,99	1,74	0,07	1,13	31,1	82,8
Италия	7,81	1,94	5,08	0,79	32,6	83,4

Примечание: данные взяты из GISAH (Global Health Observatory Data Repository).

Несмотря на тенденции в сторону перехода к «Центрально-европейской» модели потребления алкоголя (переход от крепких спиртных напитков к слабоалкогольным) сохраняющаяся практика одномоментного чрезмерного употребления алкоголя (особенно среди лиц мужского пола), приводящая к травмам и отдаленным последствиям из-за токсического воздействия этанола в этих дозах, в том числе по этой причине, не позволяет достигнуть уровня европейских стран по показателю ОПЖ. Согласно данным табл. 2, наиболее успешные модели потребления алкогольной продукции, судя по показателю ОПЖ, показывают Франция, Италия и Израиль. Хотя в первых двух потребление алкоголя выше, чем в РФ, однако показатель HED гораздо ниже, кроме того, в данных странах вино является предпочтительным видом алкоголя. В Израиле очень низкий объем потребления алкоголя на

[5] HED – *Heavy Episodic Drinking*, или тяжёлое эпизодическое употребление алкоголя. Согласно определению Всемирной организации здравоохранения, под этим состоянием понимается одномоментное употребление свыше 60 г чистого этанола хотя бы раз в течение месяца.

душу населения, как и показатель HED, что может обусловливать высокий показатель ОПЖ.

Построенная модель множественной линейной регрессии ($b_0 = 68{,}84$; $b_1 = -0{,}161$; $b_2 = 0{,}164$; $R^2 = 0{,}44$; $F\,(2{,}713) = 286{,}28$; $p < 0{,}05$) с примененными сценарными значениями для регрессоров показала, что в случае снижения употребления алкоголя с текущего значения в 8,3 л до 6,9 л, а также одновременного увеличения доли людей с высшим образованием до 35,0 % (текущее – 34,2 %) ОПЖ всего населения РФ увеличится на 0,62 г. (226 дней).

В семи субъектах не установлено эффекта на ОПЖ: потребление алкоголя в данных регионах ниже сценарных значений, при этом доля граждан с высшим образованием, наоборот, высокая (выше сценарных значений). В 10 субъектах ожидаемый прирост ОПЖ по данному сценарию может составлять свыше 3 лет. Полученный прирост объясняется изначально высокими значениями этанола на душу населения в субъектах, особенно на северных территориях (рисунок). В 28 из 80 субъектов увеличение доли граждан с высшим образованием до 35,0 % может увеличить ОПЖ всего населения от 1,0 до 1,97 г., в случае с алкоголем – от 1,02 до 3,09 лет в 24 субъектах.



Рис. Количество этанола (в граммах) на душу взрослого населения в расчете на ежедневное употребление, исходя из данных по розничным продажам алкогольной продукции по видам, в разрезе субъектов РФ на 2018 г.

Выводы. На основании проведенного исследования можно сделать ряд выводов по ситуации употребления алкоголя в Российской Федерации, уровня образования и ожидаемой продолжительностью жизни населения:

1. За период 2010–2018 гг. употребление этанола на душу населения снизилось на уровне РФ на 33,6 %, при этом совокупная доля крепких алкогольных напитков (водка и коньяк) в пересчете на этанол снизилась с 49,37 % в 2010 г. до 41,77 % в 2018 г. Наблюдаемые тенденции отражают снижение объемов потребления, а также смену модели потребления алкоголя населением РФ с «Северной (водочной)» на «Центрально-европейскую».

2. Помимо снижения употребления алкогольной продукции, отмечалось увеличение доли трудоустроенного населения с высшим образованием. За период 2010–2018 гг. доля данного населения в РФ увеличилась с 28,9 до 34,2 %.

3. При сравнительном анализе моделей употребления алкоголя в России и в некоторых европейских странах установлено, что, несмотря на относительно низкие показатели этанола на душу населения, в России наблюдается высокий показатель «тяжелого эпизодического употребления алкоголя» (60,6 %) относительно других стран.

4. Реализация сценарных условий на основании полученной модели показала, что в случае снижения употребления алкоголя с текущего значения в 8,3 л до 6,9 л, а также одновременного увеличения доли людей с высшим образованием до 35,0 % (текущее – 34,2 %) ОПЖ всего населения РФ увеличится на 0,62 г. (226 дней). В 10 субъектах ожидаемый прирост ОПЖ по данному сценарию может составлять свыше 3 лет. Полученный прирост объясняется изначально высокими значениями этанола на душу населения в субъектах, особенно на северных территориях. В 28 из 80 субъектов увеличение доли граждан с высшим образованием до 35,0 % может увеличить ОПЖ всего населения от 1,0 до 1,97 г., в случае с алкоголем от 1,02 до 3,09 г. в 24 субъектах.

5. Данное исследование имело определенные ограничения (см. раздел «Материалы и методы»), и для более достоверных оценок по увеличению ожидаемой продолжительности жизни требуются углубленные исследования в данном направлении с расширенным набором показателей, характеризующих разные сферы жизни людей, а также с применением современных статистических методов и методов математического моделирования.

Список литературы

1. Безопасная доза алкоголя: ученые Кембриджа назвали «норму» [Электронный ресурс] // Комсомольская правда. – URL: https://www.perm.kp.ru/daily/26819.5/3856104/ (дата обращения: 01.09.2020).

2. Бойцов С.А., Самородская И.В., Семенов В.Ю. Влияние медицинских и немедицинских факторов на смертность населения: роль алкоголя // Социальная и клиническая психиатрия. – 2016. – Т. 26, № 2. – С. 97–105.

3. Вангородская С.А. Российская модель потребления алкоголя: особенности и влияние на смертность населения // Серия: Философия. Социология. Право. – 2018. – Т. 43, № 1. – С. 28–36.

4. Гладкий Ю.Н., Байкова Е.В. Гуманитарно-географические аспекты алкоголизма в России: внешние причины смерти и культура потребления спиртного // Гуманитарный вектор. – 2018. – Т. 13, № 2. – С. 142–151.

5. Голодец считает, что высшее образование нужно лишь для 35 % профессий [Электронный ресурс] // РИА новости. – URL: https://ria.ru/20160715/1466759514.html (дата обращения: 01.09.2020).

6. Данные и статистика [Электронный ресурс] // Европейское региональное бюро ВОЗ. – URL: https://www.euro.who.int/ru/health-topics/disease-prevention/alcohol-use/data-and-statistics (дата обращения: 01.09.2020).

7. Коссова Т.В., Коссова Е.В., Шелунцова М.А. Влияние потребления алкоголя на смертность и ожидаемую продолжительность жизни в регионах // Экономическая политика. – 2017. – Т. 12, № 1. – С. 58–83.

8. Названа безопасная доза алкоголя для мужчин и женщин [Электронный ресурс] // Известия. – URL: https://iz.ru/948208/2019-11-28/nazvana-bezopasnaia-doza-alkogolia-dlia-muzhchin-i-zhenshchin (дата обращения: 01.09.2020).

9. Немцов А.В. Российская смертность в свете потребления алкоголя // Демографическое обозрение. – 2015. – Т. 2, № 4. – С. 111–135.

10. О национальных целях развития Российской Федерации в период до 2030 года: Указ президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 [Электронный ресурс] // Российская газета. – URL: https://rg.ru/2020/07/22/ukaz-dok.html (дата обращения: 01.09.2020).

11. Озерова О.В. Приверженность алкоголю в России: социальные различия и тенденции в 1990-е и 2000-е гг. // Журнал социологии и социальной антропологии. – 2016. – Т. 19, № 1 (84). – С. 194–208.

12. Потребление алкоголя как фактор риска здоровью населения: обзор российских исследований / Н.А. Лебедева-Несевря, И.Г. Жданова-Заплесвичко, В.И. Рерке [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 147–160.

13. Проблемы социально значимых заболеваний / С.А. Максимов, Я.В. Данильченко, М.В. Табакаев [и др.] // Здравоохранение Российской Федерации. – 2017. – № 61 (3). – С. 148–155.

14. Санитарно-эпидемиологические детерминанты и ассоциированный с ними потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации / А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, Г.Г. Онищенко, С.В. Клейн, М.В. Глухих, М.Р. Камалтдинов // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 1. – С. 14–17. DOI: 10.21668/health.risk/2020.1.01

15. Социально-экономические градиенты поведенческих факторов риска в российской популяции (по результатам исследования ЭССЕ-РФ) / А.В. Концевая, С.А. Шальнова, Ю.А. Баланова [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2015. – № 14 (4). – С. 59–67.

16. Социально-экономические детерминанты и потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации с учетом региональной дифференциации / Н.В. Зайцева, Г.Г. Онищенко, А.Ю. Попова, С.В. Клейн, Д.А. Кирьянов, М.В. Глухих // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 4. – С. 14–29. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.02

17. Шелыгин К.В. Алкогольная и неалкогольная составляющие смертности в России, 1980–2015 гг. // Социальные аспекты здоровья населения – 2017. – Т. 55, № 3. – С. 9.

18. Эксперты: потребление 200 мл вина в день не нанесет сильного вреда здоровью [Электронный ресурс] // РИА новости. – URL: https://ria.ru/20190919/1558833276.html (дата обращения: 01.09.2020).

19. Global status report on alcohol and health 2014 [Электронный ресурс] // World Health Organization. – URL: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112736/9789240692763_eng.pdf? sequence=1 (дата обращения: 01.09.2020).

20. Comparing alcohol consumption in central and eastern Europe to other European countries / S. Popova [et al.] // Alcohol and Alcoholism. – 2007. – Vol. 42, № 5. – P. 465–473.

Причины и факторы, влияющие на качество атмосферного воздуха в Российской Федерации

А.М. Андришунас, М.В. Глухих, В.М. Чигвинцев

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

Выполнен гигиенический анализ выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников и гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха за 2007–2019 гг. По результатам гигиенического анализа установлено, что общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в 2019 г. составил 32,4 млн тонн (от стационарных источников – 17,1 млн тонн, от автотранспорта – 15,1 млн тонн). Превышения регистрируются по бенз(а)пирену (до 4,83 %), взвешенным веществам (до 2,2 %), углероду (до 3,7 %), фенолу (до 1,57 %), меди оксиду (до 2,72 %), метанолу (до 4,46 %), никеля оксиду (до 8,95 %) и др. Установлен перечень из 17 приоритетных загрязняющих веществ: фенол, бензол, диметилбензол, диВанадия пентоксид, никель, медь, свинец, этилбензол, сероуглерод, формальдегид и пр. Параметризованы модели причинно-следственных связей между факторами, оказывающими влияние на состояние атмосферного воздуха, и процентом нестандартных проб различных веществ, отражающим его качество.

Ключевые слова: атмосферный воздух, выбросы загрязняющих веществ, мониторинг, приоритетные факторы, математическое моделирование.

По данным отечественных и зарубежных исследований загрязнение атмосферного воздуха оказывает негативное воздействие на здоровье человека и животных, состояние растений и экосистем в целом [10, 13].

Уровень загрязнения атмосферного воздуха имеет значительные колебания во времени и пространстве. Эти колебания связаны с особенностями источников эмиссии загрязнителей (тип источника, природа и свойства загрязняющих воздух веществ, объем выброса и т.п.) и с влиянием метеорологических факторов (направление и скорость ветра, температурные инверсии, атмосферное давление, влажность воздуха, рельеф местности и расстояние до источника загрязнения) [2, 5, 9].

Данные государственных докладов и результаты углубленных направленных исследований свидетельствуют о нарушении параметров качества атмосферного воздуха в городах с крупными предприятиями различных отраслей промышленности и развитой дорожной сетью за 2007–2019 гг. [1, 5, 6, 11]. Основными источниками выбросов являются автотранспорт, предприятия черной и цветной металлургии, топливно-энергетического комплекса, машиностроения, лесной, деревообрабатывающей, угольной, горнодобывающей, целлюлозно-бумажной, химической и нефтеперерабатывающей промышленности [4, 12]. На долю передвижных источников загрязнения атмосферного воздуха приходится порядка 65 % всего загрязнения, на стационарные источники – 32 % и 3 % – прочие [8].

Для снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах реализуется комплекс мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в крупных промышленных центрах в рамках федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Эколо-

гия» [7]. Актуальными остаются вопросы установления причин и приоритетных факторов, оказывающих негативное влияние на качество атмосферного воздуха и здоровье населения.

Цель данного исследования – установить причины и факторы, оказывающие в динамике влияние на качество атмосферного воздуха.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели проанализированы данные Росприроднадзора о выбросах загрязняющих веществ за 2007–2019 гг., отражающие воздействие стационарных и передвижных источников на атмосферный воздух Российской Федерации.

Для оценки качества атмосферного воздуха с постов наблюдения проанализированы данные Роспотребнадзора и Росприроднадзора за 2007–2019 гг.

Сравнение параметров качества атмосферного воздуха осуществлялось на соответствие гигиеническим нормативам атмосферного воздуха.

Для установления приоритетных веществ был проведен гигиенический анализ качества атмосферного воздуха по данным ведомственной статистики Федерального информационного фонда данных социально-гигиенического мониторинга (ФИФ СГМ) и форме ведомственной статистической отчетности – форма № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации» – за последние 13 лет (2007–2019 гг.)

Для построения причинно-следственных связей выбраны факторы, которые могут оказывать влияние на изменение параметров атмосферного воздуха (факторы выбраны на основе экспертной оценки: валовый региональный продукт, выбросы NO_x в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, выбросы ЛОС в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, затраты на охрану окружающей среды, индекс промышленного производства, объем выбросов азота диоксида в атмосферный воздух от автомобильного транспорта, объем выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта, объем выбросов метана в атмосферный воздух от автомобильного транспорта). Источниками данных по влияющим факторам являлись официальные данные Росстата за анализируемый период, данные государственных докладов Росприроднадзора.

Для анализа влияния факторов на состояние атмосферного воздуха проводилась параметризация парных зависимостей с использованием методов линейного регрессионного анализа, в результате которого были получены линейные модели вида:

$$y = a \cdot x + b,$$

где y – процент нестандартных проб химического вещества; x – уровень влияющего фактора; a, b – параметры модели.

Каждая модель характеризовалась уровнем значимости (p), отражающим адекватность модели, и величиной коэффициента детерминации (R^2), отражающим долю дисперсии зависимой переменной, объясненной моделью.

Результаты. По данным Росприроднадзора общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в 2019 г. составил 32,4 млн тонн, что на 3,1 млн тонн ниже показателя 2007 г. (35,5 млн тонн). Выбросы от стационарных источников составили в 2019 г. 17,1 млн тонн, что на 3,5 млн тонн меньше, чем в 2007 г. Вы-

бросы загрязняющих веществ от передвижных источников достигли 15,3 млн тонн, в том числе от автотранспорта – 15,1 млн тонн, от железнодорожного транспорта – 151 тыс. тонн. За период 2007–2019 гг. выбросы от передвижных источников увеличились на 0,4 млн тонн.

Выбросы летучих органических соединений (ЛОС) в 2019 г. увеличились по сравнению с 2007 г. на 580 тыс. тонн и составили 2,891 млн тонн, оксидов азота – увеличились на 297 тыс. тонн и составили в 2019 г. 3,518 млн тонн. В 2019 г. стационарными источниками было выброшено 1,509 млн тонн твердых веществ, что на 36,6 % ниже показателя 2007 г. [3].

Гигиенические показатели качества атмосферного воздуха населенных мест в Российской Федерации за последние тринадцать лет (2007–2019 гг.) имеют положительную тенденцию. За данный период в 3,81 раза (с 2,21 до 0,58 %) снизилась доля проб атмосферного воздуха населенных мест РФ с превышениями предельно допустимых концентраций (ПДК), в том числе на городских территориях в 3,9 раза (с 1,17 до 0,3 %), на сельских – доля нестандартных проб осталась на одном уровне – 0,09 %.

По данным гигиенического анализа формы № 18 и ФИФ СГМ за 2007–2019 гг. превышение ПДК регистрировалось в отношении таких веществ, как этилбензол (до 2,3 % проб с превышением ПДК), бенз(а)пирен (до 4,83 %), взвешенные вещества (до 2,2 %), углерод (до 3,7 %), фенол (до 1,57 %), меди оксид (до 2,72 %), метанол (до 4,46 %), никеля оксид (до 8,95 %), азота диоксид (до 1,41 %), фтористые газообразные соединения (до 2,55 %), фториды неорганические плохо растворимые (до 1,12 %). В перечень приоритетных веществ, в отношении которых доля нестандартных проб превышала 0,5 %, можно отнести вещества: фенол, фтористый водород, этилбензол, взвешенные вещества, углерод, ксилол, ртуть, углерода оксид, сероводород, акролеин, хлористый водород, формальдегид, сероуглерод, свинец, ди-Ванадий пентоксид, гидрохлорид.

В результате моделирования установлены причинно-следственные связи между факторами, оказывающими влияние на состояние атмосферного воздуха, и процентом нестандартных проб химических веществ по данным ФИФ СГМ (2007–2019 гг.):

– на долю нестандартных проб (выше 1 ПДК) по *фенолу, бензолу и ксилолу* оказывают прямое влияние выбросы ЛОС от стационарных источников ($p = 0{,}00–0{,}03$, $R^2 = 0{,}03–0{,}1$);

– моделирование между затратами на охрану окружающей среды и долей нестандартных проб *диВанадия пентоксида (пыль)* (больше 1 ПДК) выявило обратную зависимость ($p = 0{,}02$, $R^2 = 0{,}39$);

– на долю нестандартных проб по *меди оксиду* (больше 1 ПДК) прямое влияние оказывает показатель «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников» ($p = 0{,}03$, $R^2 = 0{,}57$);

– на увеличение доли нестандартных проб *свинца и его неорганических соединений (в пересчете на свинец)* (больше 1 ПДК) влияют «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (тыс. тонн)» ($p = 0{,}03$, $R^2 = 0{,}20$);

– на долю нестандартных проб (выше 1 ПДК) по *алканам С12-19* прямое влияние оказывает «Объем выбросов метана в атмосферный воздух от автомобильного транспорта» ($p = 0{,}03$, $R^2 = 0{,}74$);

– увеличение доли нестандартных проб *фтористых газообразных соединений (в пересчете на фтор)* (больше 1 ПДК) напрямую зависит от «Индекса промышленного производства (% к предыдущему году)» ($p = 0{,}03$, $R^2 = 0{,}02$);

– на долю нестандартных проб (выше 1 ПДК) по *никелю оксиду* прямое влияние оказывают показатели: «Выбросы твердых веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников» и «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников» ($p = 0{,}01$–$0{,}02$, $R^2 = 0{,}27$–$0{,}66$);

– доля нестандартных проб по *этилбензолу, сероуглероду и фенолам сланцевым* (больше 1 ПДК) увеличивается под влиянием роста «Выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (тыс. тонн)» и «Валового регионального продукта (млн руб.)» ($p = 0{,}02$–$0{,}04$, $R^2 = 0{,}09$–$0{,}17$; $p = 0{,}01$–$0{,}03$, $R^2 = 0{,}28$–$0{,}36$; $p = 0{,}02$–$0{,}04$, $R^2 = 0{,}36$–$0{,}4$);

– на увеличение доли нестандартных проб *формальдегида* (больше 1 ПДК) влияет рост комплекса показателей, включающий: «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (тыс. тонн)» и «Выбросы ЛОС в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников» ($p = 0{,}04$, $R^2 = 0{,}03$–$0{,}04$);

– на долю нестандартных проб по *азоту (II) оксиду* (больше 1 ПДК) прямое влияние оказывает группа показателей, включающих «Выбросы NO_x в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (тыс. тонн)», «Объемов выбросов азота диоксида в атмосферный воздух от автомобильного транспорта (тыс. тонн)», «Объемов выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта (тыс. тонн)» и «Валового регионального продукта (млн руб.)» ($p = 0{,}00$–$0{,}05$, $R^2 = 0{,}01$–$0{,}06$);

– на увеличение доли нестандартных проб *сероводорода* (больше 1 ПДК) влияет рост комплекса показателей, включающий «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (тыс. тонн)», «Объем выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта (тыс. тонн)» и «Валовый региональный продукт (млн руб.)» ($p = 0{,}00$–$0{,}03$, $R^2 = 0{,}02$–$0{,}06$);

– доля нестандартных проб *азота диоксида* (больше 1 ПДК) увеличивается под влиянием комплекса показателей, состоящих из «Валового регионального продукта (млн руб.)», «Выбросов NO_x в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (тыс. тонн)», «Выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (тыс. тонн)» ($p = 0{,}00$–$0{,}05$, $R^2 = 0{,}01$–$0{,}02$);

– доля нестандартных проб *фторидов неорганических плохо растворимых (алюминия фторид, кальция фторид, натрия гексафторалюминат)* (больше 1 ПДК) напрямую зависит от влияния комплекса показателей, состоящих из «Выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (тыс. тонн)», «Выбросов твердых веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (тыс. тонн)» и «Валового регионального продукта (млн руб.)» ($p = 0{,}00$–$0{,}03$, $R^2 = 0{,}22$–$0{,}43$).

Выводы. Результаты выполненного гигиенического анализа позволили установить приоритетные факторы, оказывающие негативное влияние на качество атмосферного воздуха: фенол, бензол, ксилол, диВанадий пентоксид (пыль), никель оксид, медь оксид, свинец и его неорганические соединения, алканы С12–19, фтористые газообразные соединения, фенолы сланцевые, этилбензол, сероуглерод,

формальдегид, сероводород, азота (II) оксид, азота диоксид, фториды неорганические плохо растворимые (алюминия фторид, кальция фторид, натрия гексафторалюминат) (0,5–8,95 % проб с превышением ПДК).

Результаты моделирования показали, что основными причинами улучшения качества атмосферного воздуха стали: увеличение затрат на охрану окружающей среды, снижение выбросов загрязняющих веществ, в том числе NO_x и ЛОС, отходящих от стационарных источников, объема общих выбросов, в том числе азота диоксида и метана в атмосферный воздух от автомобильного транспорта. Негативное влияние оказывают: рост валового регионального продукта, индекса промышленного производства, увеличение выбросов общераспространенных и специфических для территорий веществ от стационарных и передвижных источников.

Список литературы

1. Азаров В.К., Васильев А.В., Кутенев В.Ф. О причинах увеличивающегося загрязнения воздушной среды больших городов взвешенными частицами от эксплуатации автотранспортного комплекса // Экология и промышленность России. – 2017. – Т. 21, № 8. – С. 44–48.

2. Антропов К.М., Казмер Ю.И., Вараксин А.Н. Описание пространственного распределения загрязнения атмосферного воздуха промышленного центра методом Land use regression (обзор) // Экологические системы и приборы. – 2010. – № 1. – С. 28–41.

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

4. Думнов А.Д., Родин В.А. Статистика загрязнения, состояния и охраны атмосферного воздуха в России: краткий обзор и комплексный анализ // Вопросы статистики. – 2012. – № 7. – С. 22–44.

5. Качество атмосферного воздуха [Электронный ресурс] // ФГБУ ЦАС «Липецкий». – URL: https://agrohim48.ru/articles/kachestvo-atmosfernogo-vozduxa.html (дата обращения: 11.09.2020).

6. 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.

7. Методические подходы к выбору точек и программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга для задач федерального проекта «Чистый воздух» / Н.В., Зайцева И.В. Май, С.В. Клейн, Д.В. Горяев // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 3. – С. 4–17.

8. 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.

9. Пыжева Ю.И., Пыжев А.И., Зандер Е.В. Перспективы решения проблемы загрязнения атмосферного воздуха регионов России // Экономический анализ: теория и практика. – 2019. – Т. 18, № 3 (486). – С. 496–513.

10. Сажина О.В. Анализ состояния атмосферного воздуха Российской Федерации как объекта, участвующего в процессе загрязнения воздушной среды // Наука и образование: новое время. – 2016. – № 4. – С. 42–45.

11. Шанин С.И. Классификация средних городов России по ведущему фактору экологической ситуации // VI Семеновские чтения: наследие П.П. Семенова-Тян-Шанского и современная наука: материалы междунар. науч. конф., посвященной 190-летию со дня рождения П.П. Семенова-Тян-Шанского. – 2017. – С. 78–81.

12. Щербатюк А.П. Влияние выбросов от автотранспорта на качество атмосферного воздуха городов России // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2014. – № 5 (108). – С. 59–64.

13. Yang J., Zhang B. Air pollution and healthcare expenditure: implication for the benefit of air pollution control in china // Environment International. – 2018. – Vol. 120. – P. 443–455.

Анализ современных тенденций загрязнения атмосферного воздуха г. Волгограда и его влияния на здоровье населения

Д.К. Князев

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

Проанализирована структура выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух Волгограда от передвижных и стационарных источников; выявлены существенные изменения общей картины загрязнения по объемам выбросов и вклада источников; проведен корреляционный анализ между выбросами загрязняющих веществ и заболеваемостью населения; даны общие предложения по оздоровлению городской среды и населения.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, социально-гигиенический мониторинг, влияние на заболеваемость населения.

Последние десятилетия в области экологических и градостроительных исследований все более актуальны труды по разработке сценариев устойчивого развития населенных пунктов, повышению качества жизни граждан, совершенствованию защитных мероприятий.

Ежегодно перед городами, крупными градостроительными системами встает все больше экологических проблем, разрешение которых не представляется возможным без серьезной научной проработки вопроса, без прояснения точных

причин вредных воздействий, достоверного анализа и прогноза неблагоприятных последствий.

Воздушный бассейн городской среды ежедневно подвержен нагрузке от многочисленных стационарных и передвижных источников выбросов загрязняющих веществ, что формирует потребность комплексного участия в охране воздуха большой группы хозяйствующих субъектов.

Множество научных работ на тему наступления нежелательных последствий для городской среды и здоровья населения в результате несогласованных действий предпринимателей, надзорных ведомств, органов власти указывают на важность системного наблюдения за состоянием городского воздушного бассейна, в том числе и по причине ежегодного изменения состава выбрасываемых загрязняющих веществ и их объемов [1, 2, 4–6]. При этом актуальным вопросом является наличие единого механизма оценки воздействий на окружающую среду и здоровье местного населения.

Волгоград – крупный промышленный центр с развитой многоотраслевой промышленностью. В настоящее время долина городского полукольца достигает примерно 80 км при ширине от 3 до 10 км. Общая площадь, очерченная границами города, составляет 400 км^2, однако территории, занятые городскими кварталами, почти в три раза меньше, что показывает на «рыхлость» структуры Волгограда. В городе существуют разрывы между районами, занятые зелеными зонами и пустырями. Основным загрязнителем атмосферы является автомобильный транспорт. Среди объектов промышленности наибольшими выбросами характеризуются металлургия, химическая, топливная и строительная отрасли. Кроме того, в городе имеются предприятия пищевой и легкой промышленности, промышленные и бытовые котельные, которые также вносят определенный вклад в общий уровень загрязнения атмосферного воздуха города. С выбросами в атмосферу поступают оксиды азота, оксид углерода, взвешенные вещества, сернистые соединения, вещества углеводородного ряда, оксиды металлов, хлорид водорода.

С 2009 по 2018 г. объем поступающих от стационарных источников в атмосферу города поллютантов значительно сократился – в 2,1 раза – с 59 554 до 27 900 тонн в год [3]. Причинами данной нисходящей тенденции являются проекты экологической направленности, а также приостановление деятельности ряда хозяйствующих субъектов химической, металлургической, машиностроительной промышленности (рис. 1). Наряду с этим ежегодно увеличивается автомобильный парк города-миллионника и, соответственно, его вклад в загрязнение воздушного бассейна Волгограда.

Описанные процессы требуют системного мониторинга и повышенного внимания к научным работам в части совершенствования методических подходов к актуализации источников загрязнения атмосферы, оценке их вклада, степени влияния на городскую среду и здоровье населения, а также установления приоритетов в реализации средозащитных решений, направленных на снижение потенциального ущерба окружающей среде и здоровью граждан.

Из государственного доклада регионального Росприроднадзора следует, что с 2009 по 2012 г. вклад автомобильного транспорта в валовой выброс загрязняющих веществ варьировался с 46 до 50 %. Однако в период с 2014 по 2018 г. указанный вклад существенно вырос – с 62 до 69 %. Причиной этому стали как рост автомобильного парка, так и приостановление деятельности ряда хозяйствующих субъ-

ектов химической, металлургической, машиностроительной промышленности с 2012 по 2013 г. Автомобильный транспорт стал лидером в вопросе выбросов загрязняющих веществ в атмосферу Волгограда.

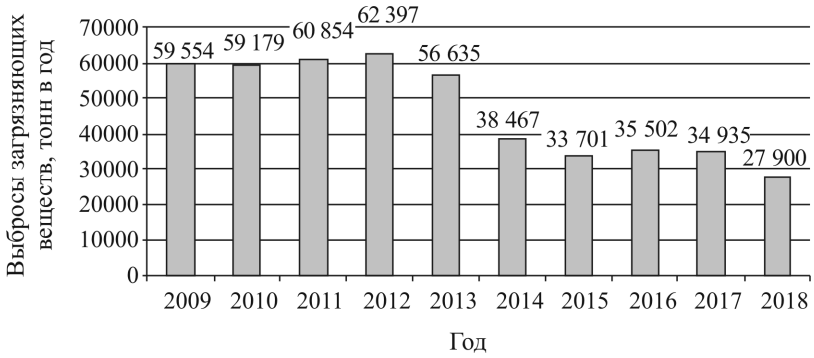


Рис. 1. Динамика валовых выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников Волгограда за период 2009–2018 гг. (тонн в год)

В связи с этим начиная с 2014 г., актуальным становится пересмотр картины загрязнения воздушного бассейна и акцентирование внимания именно на автомобильном транспорте при оценке негативного влияния на городскую среду и показатели заболеваемости населения.

С целью оценки рассеивания загрязнений от автомобильного транспорта применен алгоритм, базирующийся на определении концентрации загрязняющего вещества на краю проезжей части и последующего его распространения с учетом ряда показателей, характеризующих условия рассеивания. Места замеров располагались на наиболее интенсивных магистралях Волгограда.

На основе статистических и натурных данных о транспортных потоках по основным магистралям Волгограда за 2018 г. выполнен расчет распространения вредных примесей от автотранспорта на примыкающие территории, в том числе и в жилую застройку. Данные ареалы с повышенной нагрузкой оценены от 40 до 180 м от бордюра проезжей части. Общая оценка загрязненности оксидом углерода районов г. Волгограда по результатам расчета представлена на рис. 2.

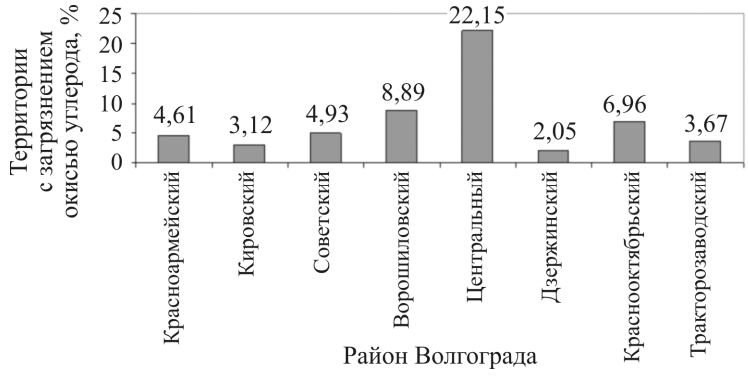


Рис. 2. Распределение по районам города территорий (%), характеризующихся загрязнением окисью углерода (2018 г.)

С целью подтверждения влияния автотранспортных выбросов на здоровье населения реализован корреляционный анализ между уровнями загрязненности и показателями нарушения здоровья по нозологическим формам, характеризуемым многими специалистами как экологически зависимым.

Итоги статистических работ показали значительную зависимость заболеваемости населения от величины загрязнения примагистральных территорий.

Установлены следующие зависимости между автотранспортными выбросами и нарушениями здоровья:

- для детей в возрасте 15–17 лет: заболеваемостью «всего» ($r = 0,43$), дыхательной системы ($r = 0,59$), проявлением астмы (0,17), эндокринной и иммунной системы ($r = 0,41$), сердечно-сосудистой системы ($r = 0,79$), желудочно-кишечного тракта и пищеварительной системы ($r = 0,74$), дерматитом ($r = 0,81$), аномалиями развития и врожденными недостатками ($r = 0,57$);
- для детей в возрасте 0–14 лет: проявлением астмы ($r = 0,86$), желудочно-кишечного тракта и пищеварительной системы ($r = 0,51$);
- для лиц 18 лет и старше: онкологическими болезнями ($r = 0,58$), эндокринной и иммунной системой ($r = 0,59$), мочеполовой системой ($r = 0,51$).

Основными мероприятиями по снижению уровня аэрохимической нагрузки от автотранспорта являются:

- вывод транзитных потоков (как грузовых, так и легковых машин) за территорию центральной части города (первоочередная задача);
- совершенствование организации движения по принципу «зеленая волна»;
- развитие транспортного сообщения на электрической тяге;
- разработка и реализация решений по озеленению городских улиц, способствующих снижению выбросов выхлопных газов и их концентрации в застройке.

Список литературы

1. Коломин В.В., Рыбкин В.С. Автотранспорт как приоритетный источник загрязнения атмосферного воздуха (обзор литературы) // Естественные науки. – 2015. – № 1 (50). – С. 26–34.

2. Лежнин В.Л., Коньшина Л.Г., Сергеева М.В. Оценка риска для здоровья детского населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха выбросами автотранспорта, на примере г. Салехарда // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 1. – С. 83–86.

3. О состоянии окружающей среды в Волгоградской области в 2018 году: Доклад / ред. колл.: В.Е. Сазонов [и др.]; Комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. – Ижевск: Принт, 2019. – 300 с.

4. Переверзев П.В. Применение ГИС-технологий для оценки загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом на территории новой Москвы // Георискː. – 2018. – Т. 12, № 2. – С. 48–53.

5. Ситдикова А.А., Святова Н.В., Царева И.В. Анализ влияния выбросов автотранспорта в крупном промышленном городе на состояние загрязнения атмосферного воздуха // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 591.

6. Сарайкин К.С., Романенко А.М. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта // Наука и общество в условиях глобализации. – 2018. – Т. 2, № 1 (5). – С. 12–13.

Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски здоровью населения на примере Беловского городского округа Кемеровской области – Кузбасса

Л.А. Глебова, А.В. Бачина, А.Н. Лукьянова

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области», г. Кемерово, Россия

Представлена гигиеническая оценка качества питьевой воды, подаваемая населению Беловского городского округа Кемеровской области – Кузбасса. Результаты анализа свидетельствуют, что доля проб питьевой воды не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, составила 1,7 %, по органолептическим показателям – 2,6 %, по обобщенным показателям – 1,7 %, по неорганическим показателям – 5,9 %. Доля населения Беловском городского округа, обеспеченного качественной питьевой водой, составила 91,0 %. Значения канцерогенного и неканцерогенного риска здоровью населения вследствие употребления питьевой воды не превышают допустимого уровня. Средний за пять лет показатель заболеваемости населения Беловского городского округа (657,1 ‰) статистически значимо ниже аналогичного показателя Кемеровской области (880,78 ‰) на 25,3 %.

Ключевые слова: гигиеническая оценка, качество питьевой воды, здоровье населения, риск здоровью.

Безопасность и качество питьевой воды имеют принципиальное важное значение для здоровья человека, определяют уровень и качество жизни нации [6]. Серьезный подход к водоснабжению, санитарии и гигиене играет ключевую роль в профилактике многих заболеваний, улучшении параметров питания и предоставлении качественной помощи в медико-санитарных учреждениях [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения, приблизительно 75 % болезней у человека вызывает именно употребление воды низкого качества, а также использование в бытовых целях воды, не соответствующей гигиеническим нормам [12]. Только диарейные заболевания составляют около 3,6 % суммарного глобального бремени болезней, которые приводят к гибели 1,5 млн человек в год. Около 58 % от этого количества, или 842 тыс. смертей в год, связаны с отсутствием безопасного водоснабжения, санитарии и гигиены [13].

Обеспечение населения Российской Федерацией доброкачественной питьевой водой является одной из важных задач в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия населения. К качественной питьевой воде следует отнести воду, которая не содержит вредных и опасных для здоровья и жизни человека примесей. Она также должна удовлетворять органолептическим показателям качества. Более того, качественная питьевая вода должна быть безопасной, т.е. не оказывать вредного влияния на организм человека при длительном ее употреблении [4].

В Российской Федерации с 2018 г. реализуется федеральный проект «Чистая вода», входящий в национальный проект «Экология», где предусмотрено решение проблемы повышения качества питьевой воды посредством модернизации систем

водоснабжения и водоподготовки с использованием перспективных технологий. Результатом выполнения поставленных задач проекта должно быть обеспечение через шести лет качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения почти 91 % населения Российской Федерации, в городах этот показатель планируется повысить до 99 % [5, 11].

Актуальными гигиеническими проблемами Кузбасса являются: интенсивное химическое загрязнение объектов окружающей среды – атмосферного воздуха, водоисточников, питьевой воды и почвы. Ведущими отраслями промышленности, определяющими уровни техногенного загрязнения окружающей среды Кузбасса, остаются угольная, химическая, черная и цветная металлургия, стройиндустрия. Активная хозяйственная деятельность субъектов хозяйствования способствуют формированию неудовлетворительного качества питьевой воды, вследствие воздействия на источники водоснабжения, а также инженерно-технические проблемы системы водопотребления и водоотведения. На современном этапе требуются новые подходы в организации деятельности санитарно-эпидемиологического надзора в реализации риск-ориентированной модели надзора в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, включая и вопросы обеспечения населения водой надлежащего качества [2, 3, 7].

В Кемеровской области – Кузбассе для обеспечения населения питьевой водой в 2019 г. эксплуатировалось 816 водопроводов и 725 нецентрализованных источников питьевого водоснабжения общего пользования. Из общего числа водопроводов 22 используют воду поверхностных водоемов, 794 – подземные воды. Централизованным водоснабжением обеспечивается 98,5 % (2018 г. – 98,5 %) населения Кемеровской области – Кузбасса, в том числе в городских поселениях – 98,5 %, в сельских поселениях – 90,2 %. Нецентрализованным водоснабжением обеспечивается 1,5 % населения, в том числе в городских поселениях – 0,8 %, в сельских поселениях – 9,7 % [4].

В 2019 г. доля проб воды источников централизованного водоснабжения населения Кемеровской области – Кузбасса, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, составила 32,7 %, в том числе из поверхностных водоемов – 24,1 %, подземных вод – 36,8 %. Доля проб воды источников централизованного водоснабжения населения, не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, в 2019 г. составила 26,4 %, в том числе из поверхностных водоемов – 48,0 %, подземных вод – 3,2 % [4].

Природное состояние подземных вод Кемеровской области – Кузбасса характеризуется повышенным содержанием железа, марганца, жесткости, характерным для всей Западной Сибири.

По данным социально-гигиенического мониторинга качества и безопасности водопроводной воды в 2019 г. доля проб воды из распределительной сети централизованного водоснабжения, не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, составила 1,7 %, по санитарно-химическим показателям – 7,9 % [9].

В целях обеспечения населения доброкачественной питьевой водой на водопроводных сооружениях применяются соответствующие технологии по очистке и обеззараживанию воды источников централизованного водоснабжения населения с использованием классической схемы очистки и обеззараживания водопроводной воды (осветление воды с использованием отстойников и скорых

фильтров, применение коагулянтов и флокулянтов, обеззараживание воды гипохлоритом натрия).

Цель исследования – определить долю населения, обеспеченного качественной питьевой водой централизованной системы водоснабжения в Кемеровской области – Кузбассе на примере Беловского городского округа и оценить риски здоровью населения.

Материалы и методы. Для оценки качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения использованы данные лабораторного контроля (перед поступлением в распределительную сеть, в распределительной сети), полученные при проведении контрольно-надзорных мероприятий, социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля по Беловскому городскому округу. Все исследования выполнены аккредитованной лабораторией ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области» с применением стандартных аналитических методов. Расчет показателей обеспеченности населения качественной питьевой водой выполнен в соответствии с МР 2.1.4.0143-19 «Методика по оценке повышения качества питьевой воды, подаваемой системами централизованного питьевого водоснабжения». Оценка риска выполнена в соответствие с Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [2]. Для анализа впервые выявленной заболеваемости населения Беловского городского округа и Кемеровской области использованы сведения из формы статистического наблюдения № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации» за период 2015–2019 гг.

Для анализа и статистической обработки информации использовалась программа MS Excel.

Результаты. Итоги реализации федерального проекта «Чистая вода» по достижению целевых показателей в 2019 г. свидетельствуют, что доля всего населения Российской Федерации, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, составила 85,5 %, что ниже целевого показателя (87,5 %).

На примере Беловского городского округа Кемеровской области – Кузбасса проведена гигиеническая оценка и оценка обеспеченности населения качественной питьевой водой.

Особенностью данной территории является, что в состав городского округа входят территории г. Белово, п. Бабанаково, пгт. Новый Городок, пгт. Бачатский, пгт. Грамотеино, пгт. Инской с разными источниками водоснабжения. Подземный источник водоснабжения обеспечивает водой следующие территории: г. Белово, п. Бабанаково, пгт. Новый Городок (Уропский водопровод № 11), пгт. Бачатский (Бачатский водопровод № 12), пгт. Инской (Хахалинский водопровод № 16); поверхностный водоисточник – пгт. Грамотеино (Томский водопровод № 21).

Для определения доли населения, обеспеченного качественной питьевой водой, проведена гигиеническая оценка результатов исследования проб питьевой воды по микробиологическим, органолептическим, обобщенным показателям, по содержанию неорганических и органических веществ.

Результаты анализа качества питьевой воды свидетельствуют, что доля проб питьевой воды из распределительной сети, не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям (за исключением ОМЧ и ОКБ), соста-

вила 1,7 %, в том числе: в г. Белово, пгт. Новый Городок, п. Бабанаково – 2,6 %, в пгт. Бачатский – 0,5 %, в пгт. Инской – 1,4 %, в пгт. Грамотеино – 3,4 %. По уровню содержания в питьевой воде ОМЧ, ОКБ установлен удельный вес превышения гигиенических нормативов в распределительной сети – 2,7 %, в том числе в г. Белово, пгт. Новый Городок, п. Бабанаково – 4,8 %, в пгт. Бачатский – 0,5 %, в пгт. Грамотеино – 3,4 %.

Результаты анализа питьевой воды по санитарно-химическим показателям свидетельствуют, что удельный вес проб с превышением гигиенических нормативов в распределительной сети составил:

- по органолептическим показателям – 2,6 %, в том числе в г. Белово, пгт. Новый Городок, п. Бабанаково – 4,7 %, в пгт. Бачатский – 0,5 % (несоответствие по мутности);
- по обобщенным показателям – 1,7 %, в том числе в г. Белово, пгт. Новый Городок, п. Бабанаково – 2,6 % (несоответствие по общей жесткости);
- по неорганическим показателям – 5,9 %, в том числе в г. Белово, пгт. Новый Городок, п. Бабанаково – 8,1 %, в пгт. Инской – 6,1 % (несоответствие по содержанию железа).

С учетом общего количества населения, обеспеченного питьевым водоснабжением, результатов анализа проб питьевой воды по санитарно-химическим, микробиологическим показателям определена доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения. Так, в г. Белово, пгт. Новый Городок, п. Бабанаково 90 % населения обеспечено качественной питьевой водой, в пгт. Бачатском – 90 %, в пгт. Инском – 95 %, в пгт. Грамотеино – 97 %. Таким образом, в целом по Беловскому городскому округу доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой, составила 91,0 %, что выше целевого показателя, предусмотренного федеральным проектом «Чистая вода» на 2019 г. для всего населения Российской Федерации (87,5 %). Однако не достигнут уровень другого целевого показателя ФП «Чистая вода» (доля городского населения, обеспеченного качественной питьевой водой централизованных систем водоснабжения), предусмотренного на 2019 г. 94,5 %.

Токсико-гигиеническая характеристика химических веществ, содержащихся в питьевой воде и не соответствующих гигиеническим нормативам, в том числе обеспечивающих повышенную жесткость, свидетельствует, что потребление населением питьевой воды формирует потенциальный риск здоровью населения, в том числе риск развития заболеваний мочеполовой системы, эндокринной системы и органов пищеварения.

Оценка канцерогенного риска здоровью населения Беловского городского округа, связанного с употреблением питьевой водопроводной воды, проведена от воздействия соединений мышьяка, кадмия, свинца, бромдихлорметана, хлороформа, дибромхлорметана, тетрахлорметана. Установлено, что суммарный индивидуальный канцерогенный риск здоровью населения, обусловленный пероральным поступлением химических соединений с питьевой водой, составил $2{,}2 \cdot 10^{-6}$, что соответствует границам приемлемого риска ($1 \cdot 10^{-6}$–$1 \cdot 10^{-4}$), по рекомендации ВОЗ в качестве допустимого риска используется величина $1 \cdot 10^{-5}$. Суммарный популяционный канцерогенный риск среди населения составил 0,3 дополнительного случая рака от употребления питьевой воды в течение 70 лет предстоящей жизни.

Оценка неканцерогенного риска здоровью населения от химического загрязнения питьевой воды свидетельствует, что коэффициент опасности отдельного химического вещества не превышает допустимого значения, т.е. $HQ \leq 1{,}0$.

При комбинированном (суммарном) воздействии содержащихся в питьевой воде химических веществ на критические органы и системы индексы опасности не превышают допустимой величины ($THI \leq 1{,}0$).

Оценка состояния здоровья населения Беловского городского округа проведена в сравнении с Кемеровской областью за период 2015–2019 гг.

В структуре первичной заболеваемости всего населения Беловского городского округа ведущей патологией, как и в Кемеровской области, являются болезни органов дыхания – 46,5 и 37,0 % соответственно, на втором месте травмы и отравления – 18,3 и 14,0 %, на третьем месте – болезни кожи и подкожной клетчатки – 5,1 %, а в области – болезни мочеполовой системы – 6,8 %.

Анализ данных о здоровье населения Беловского городского округа показывает, что заболеваемость населения городского округа в период 2015–2019 гг. имела тенденцию к снижению (темп тенденции –50,2). Средний за пять лет показатель заболеваемости населения городского округа (657,1 ‰) статистически значимо ниже аналогичного показателя области (880,78 ‰) на 25,3 %.

Средний показатель заболеваемости населения Беловского городского округа по классам болезней статистически значимо ниже областного уровня, в том числе показатели заболеваний, ассоциированных с качеством питьевой воды: болезни мочеполовой системы (18,2 ‰) ниже в 3,3 раза показателей по Кемеровской области (60,2 ‰), болезни эндокринной системы (10,3 ‰) – ниже в 1,6 раза (16,3 ‰), болезни системы пищеварения (12,6 ‰) – ниже в 3,2 раза (40,3 ‰), болезни кожи и подкожной клетчатки (33,2 ‰) – ниже на 12,4 % (37,9 ‰).

Результаты анализа свидетельствуют, что на качество питьевой воды систем централизованного водоснабжения Беловского городского округа наибольшее влияние оказывают повышенное содержание железа, мутность, жесткость, определение в воде микробиологических показателей, в том числе ОМЧ и ОКБ.

Выводы. Питьевая вода из систем централизованного водоснабжения, подаваемая по территориям Беловского городского округа, не соответствует требованиям безопасности. Для обеспечения населения Беловского городского округа качественной питьевой водой требуется проведение комплекса различных мер с разработкой и реализацией программ по улучшению водоснабжения посредством модернизации систем водоснабжения с использованием перспективных технологий водоподготовки, включая технологии, разработанные организациями оборонно-промышленного комплекса. Согласно паспорту регионального проекта «Чистая вода», реализуемого в рамках федерального проекта «Чистая вода», выполнение мероприятий, направленных на повышение качества питьевой воды, доля городского населения Кемеровской области – Кузбасса, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, должна составить 99 % к 2024 г.

Список литературы

1. Вода, санитария и гигиена Вода, санитария и гигиена. Болезни и риски [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. – URL: https:// www.who.int/water_sanitation_ health/diseases-risks/ru/ (дата обращения: 07.03.2020).

2. 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, Ю.С. Чухров, О.П. Власова, Ю.А. Пеганова // Фундаментальная и клиническая медицина. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 57–63.

3. Глебова Л.А., Бачина А.В., Лукьянова А.Н. Интегральная оценка качества питьевой воды по показателям химической безвредности в городах Прокопьевск и Киселёвске // Актульные вопросы в Сибири: материалы межрегион. науч.-практ. конф., посвященной 55-летию медико-профилактического факультета КемГМУ. – Кемерово: КемГМУ, 2018. – С. 15–17.

4. Горяев Д.В., Тихонова И.В., Торотенкова Н.Н. Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски для здоровья населения Красноярского края // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 3. – С. 35–43. DOI: 10.21668/health.risk/2016.3.04.

5. Значение национального проекта «Экология» для экологического благополучия российского населения / А.Н. Аверин, В.П. Ляхов, С.А. Евтушенко, Т.А. Нувахов // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – 2019. – Т. 107, № 4. – С. 131–134.

6. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора / Н.В. Зайцева, А.С. Сбоев, С.В. Клейн, С.А. Вековшинина // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 2. – С. 44–55. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.05.

7. Коськина Е.В., Глебова Л.А., Попкова Л.В. Комплексная гигиеническая оценка медико-экологической ситуации в Кемеровской области // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 7 (256). – С. 10–13.

8. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кемеровской области – Кузбассе в 2019 году: Государственный доклад. – Кемерово: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области – Кузбассу, 2020. – 318 с.

9. Оценка влияния факторов среды обитания на здоровье населения Кемеровской области: информационно-аналитический обзор / отв. за выпуск Ю.С. Чухров. – Кемерово: АИ «Кузбассвузиздат», 2020. – 159 с.

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

11. 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.

12. Association of very low birth weight with calcium levels in drinking water / Ch.Y. Yang, H.F. Chiu, Ch.Ch. Chang, T.N. Wu, F.Ch. Sung // Environ. Research, Section. – 2002. – Vol. A89. – P. 189–194.

13. Water safety and quality [Электронный ресурс] // World Health Organization. – URL: https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/ru/ (дата обращения: 07.08.2020).

Раздел II

Оценка рисков здоровью в системе социально-гигиенического мониторинга и санитарно-эпидемиологического надзора: методология и практика

Совершенствование алгоритмов планирования контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора в рамках риск-ориентированного подхода

М.Р. Камалтдинов, М.Ю. Цинкер

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

Рассматриваются актуальные аспекты, связанные с совершенствованием алгоритмов планирования в рамках риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Проанализированы основные проблемы существующих алгоритмов планирования, заключающиеся в необходимости проверки всех производственных объектов и ограниченном числе параметров деятельности, используемых для планирования. Рассмотрен один из алгоритмов формирования предварительного ежегодного плана контрольно-надзорных мероприятий (плановых проверок) в отношении хозяйствующих субъектов и их производственных объектов. Предложены пути совершенствования рассмотренного алгоритма: введение индекса приоритетности, учет сложности объектов. Намечены дальнейшие пути развития подходов: разработка нескольких алгоритмов планирования контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора, проведение сравнительного анализа предложенных алгоритмов с целью выявления наиболее рациональных решений по планированию деятельности.

Ключевые слова: риск-ориентированная модель, контрольно-надзорная деятельность, планирование, хозяйствующие субъекты, производственные объекты, категория риска.

Статья посвящена актуальным аспектам, связанным с совершенствованием алгоритмов планирования в рамках риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Переход на риск-ориентированную модель организации контрольно-надзорной деятельности осуществлен с целью ограничения вмешательства государства в экономическую деятельность субъектов предпринимательства и снижения административного давления на бизнес, основы риск-ориентированного подхода закреплены в государственных нормативных актах.

В Постановлении Правительства РФ от 17.08.2016 № 806 (ред. от 15.07.2020) «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» [4], а также в методических рекомендациях 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» [2] закреплены правила отнесе-

ния деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей и (или) используемых ими производственных объектов к определенной категории риска или определенному классу (категории) опасности. В основе модели контрольно-надзорной деятельности лежит процедура категорирования хозяйствующих субъектов по степени потенциального риска причинения вреда здоровью населения, находящегося под влиянием хозяйственной деятельности [3, 5]. Риск определяется как сочетание вероятности нарушений объектом надзора обязательных санитарно-эпидемиологических требований, тяжести последствий этих нарушений и масштабом воздействия.

В Постановлении Правительства РФ от 23 ноября 2009 г. № 944 «Об утверждении перечня видов деятельности в сфере здравоохранения, сфере образования и социальной сфере, осуществляемых юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, в отношении которых плановые проверки проводятся с установленной периодичностью» (с изменениями и дополнениями от 20 января 2011 г., 9 октября 2019 г., 17 августа 2020 г.) [6] установлены временные ограничения на периодичность проверок независимо от отнесения объектов государственного контроля (надзора) к определенной категории риска или определенному классу опасности.

В приложении к Постановлению Правительства РФ от 17.08.2016 № 806 и в п. 4 МР 5.1.0116-17 приведены требования к периодичности проведения плановых проверок деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей в зависимости от категории риска (или класса опасности). Кроме того, в МР 5.1.0116-17 предложены рекомендуемые формы государственного надзора и объемы лабораторного сопровождения плановых контрольно-надзорных мероприятий в зависимости от категории риска, присвоенной деятельности юридического лица или индивидуального предпринимателя и (или) используемым ими производственным объектам.

Ранее предложен алгоритм планирования контрольно-надзорной деятельности, в основе которого лежит процедура пошагового добавления субъектов надзора, начиная от первого класса опасности, в план до исчерпания ресурсов, исходя из фонда рабочего времени [1, 7]. Можно предположить, что использование только одного признака (класса опасности) для построения планов контрольно-надзорных мероприятий не является оптимальным решением, обеспечивающим достаточность покрытия проверяемых видов деятельности хозяйствующих субъектов и их объектов. В ряде субъектов Российской Федерации остро стоят проблемы нехватки ресурсов, как человеческих, так и материальных, для выполнения поставленных планов. В связи с этим использование дополнительных признаков при планировании контрольно-надзорной деятельности может привести к повышению ее эффективности. Одним из возможных дополнительных признаков может являться отсутствие нарушений (добропорядочность субъекта) в течение периода времени как по комплексу нарушений, так по отдельным фактам нарушений (по измеряемым показателям, веществам). Вторым путем повышения эффективности планирования деятельности является сокращение времени на одну проверку, например, путем выбора приоритетных объектов надзора, выбора оптимальной программы лабораторного сопровождения. Препятствием для практической реализации данных подходов являются

существующие нормативные акты, требующие проверки всех производственных объектов, принадлежащих хозяйствующему субъекту, а также регламентирующие формы государственного надзора и объемы лабораторного сопровождения в зависимости от класса опасности.

Рассмотрим один из алгоритмов формирования предварительного ежегодного плана контрольно-надзорных мероприятий (плановых проверок) в отношении хозяйствующих субъектов и их производственных объектов, подлежащих санитарно-эпидемиологическому надзору, на основе:

– актуального реестра хозяйствующих субъектов и их производственных объектов, содержащего сведения о результатах предыдущих проверок (плановых и внеплановых), результатах оценки риска причинения вреда здоровью населения при осуществлении деятельности, результатах категорирования деятельности по риску причинения вреда здоровью населения;

– организационной структуры территориального управления Роспотребнадзора;

– кадрового обеспечения подразделений территориального управления Роспотребнадзора.

Общий алгоритм включает в себя четыре этапа. На первом этапе на основе анализа реестра выделяются хозяйствующие субъекты, виды деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, подлежащих надзору в плановом периоде времени согласно требованиям действующих нормативных документов. Для каждого вида деятельности хозяйствующего субъекта указываются направления надзора, по которым будет осуществляться проверка. Направления надзора определяют состав специалистов, назначаемых для проведения проверки, и нагрузку на подразделения территориального управления Роспотребнадзора и его филиалы.

На втором шаге алгоритма из перечня хозяйствующих субъектов, подлежащих надзору в плановом периоде времени, формируются упорядоченный (сортированный) список хозяйствующих субъектов и видов деятельности. Учитывая высокую гигиеническую значимость некоторых видов деятельности хозяйствующих субъектов, во главу сортированного списка ставятся виды деятельности хозяйствующих субъектов, указанные в постановлении правительства РФ № 944 от 23 ноября 2009 г.

На третьем шаге выполняется расчет фонда рабочего времени специалистов подразделений территориального управления Роспотребнадзора, занятых в проведении плановых проверок. Так как структура территориальных управлений в регионах Российской Федерации унифицирована и отсутствует жесткая привязка подразделений к направлениям надзора, необходимо сформировать таблицу соответствий структурных подразделений и направлений надзора.

Четвертый шаг алгоритма представляет собой итерационную процедуру формирования ежегодного предварительного плана контрольно-надзорных мероприятий в виде условного цикла. Цикл представляет собой последовательный перебор записей в упорядоченном перечне хозяйствующих субъектов и видов деятельности, сопровождающийся проверкой условий на включение в план проверок или исключение из него. На каждом шаге цикла проводится учет затрат рабочего времени на проведение проверки и формирование списка объектов для проведения выездных мероприятий. Учет рабочего времени специалистов на проведение про-

верки проводится согласно нормативам, рекомендованным в методических рекомендациях «Примерные нормативы деятельности органов и организаций федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в условиях бюджетирования, ориентированного на результат», утвержденных приказом Роспотребнадзора от 10 октября 2008 г. № 368.

В качестве альтернативы необходимости проверки всех производственных объектов предложен индекс приоритетности, который рассчитывается по формуле

$$I = \text{Ранг}\ (R^S) + \text{Ранг}\ (S) + \text{Ранг}\ (L) + \text{Ранг}\ (T), \quad (1)$$

где R^S – потенциальный риск причинения вреда здоровью, формируемый объектом (из реестра объектов надзора); S – степень «законопослушания», характеризуется соотношением количества выявленных нарушений санитарного законодательства на данном объекте за последние три года по отношению к числу проведенных проверок. При отсутствии показателя учитывается отношение административных взысканий на одну проверку; L – доля нестандартных проб, полученных в ходе лабораторных исследований на объекте надзора за последние три года; T – период времени, прошедший с последней проверки данного объекта, мес.

Величина S рассчитывается по формуле

$$S = n / r, \quad (2)$$

где n – количество нарушенных пунктов санитарного законодательства и законодательства в сфере защиты прав потребителей (с учетом полноты и срочности выполнения предписаний службы); r – количество проведенных плановых и внеплановых проверок за последние три года.

Величина L, рассчитывается по формуле

$$L = N_{\text{нестанд}} / N_{\text{общее}}, \quad (3)$$

где $N_{\text{нестанд}}$ – количество проб, не соответствующих требованием санитарного законодательства; $N_{\text{общее}}$ – общее количество проб, полученных в ходе исследований на объекте.

В случае отсутствия объективной информации о соответствии осуществляемой деятельности требованиям законодательства, показателям, характеризующим степень «законопослушания», долю нестандартных проб, и даты последней проверки присваивается ранг, соответствующий максимальному приоритету (Ранг = 0). После расчета индекса приоритетности при ранжировании объекты выстраиваются в порядке уменьшения интегрального показателя. В верхней части списка располагаются объекты, подлежащие первоочередному внесению в план контрольно-надзорных мероприятий.

Норматив временных затрат на проведение выездной проверки выбранного производственного объекта может учитывать сложность объекта надзора, которая характеризуется формируемым объектом потенциальным риском причинения вреда здоровью.

Сложность объектов, подлежащих государственному санитарно-эпидемиологическому надзору в зависимости от показателя потенциального риска причинения вреда здоровью, определяется следующими критериями:

а) в случае, если показатель потенциального риска причинения вреда здоровью составляет более $1 \cdot 10^{-3}$, – 1-я степень сложности объекта;

б) в случае, если показатель потенциального риска причинения вреда здоровью составляет от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$, – 2-я степень сложности объекта;

в) в случае, если показатель потенциального риска причинения вреда здоровью составляет от $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-4}$, – 3-я степень сложности объекта;

г) в случае, если показатель потенциального риска причинения вреда здоровью составляет от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-5}$, – 4-я степень сложности объекта;

д) в случае, если показатель потенциального риска причинения вреда здоровью составляет от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-6}$, – 5-я степень сложности объекта;

е) в случае, если показатель потенциального риска причинения вреда здоровью составляет менее $1 \cdot 10^{-7}$, – 6-я степень сложности объекта.

Расчетно-нормативные затраты рабочего времени на выполнение выездной проверки одного производственного объекта могут зависеть также от вида деятельности. В этом случае целесообразно рассчитывать значения затрат времени в матрице «вид деятельности – сложность объекта».

Расчет трудозатрат на проведение проверки проводится с учетом всех производственных объектов, включенных в план проверки по виду деятельности хозяйствующего субъекта, путем суммирования нормативов трудозатрат на проверку каждого производственного объекта согласно его сложности. Для вида деятельности, соответствующего максимальному значению риска, в расчет включаются затраты времени на проведение мероприятий по организации проверки. После расчета временных затрат выполняется сопоставление с нормативам и принимается решение по включению (или не включению) производственного объекта в план проверки. Итерационная процедура по включению производственных объектов в план проверки вида деятельности хозяйствующего субъекта происходит до исчерпания нормативных временных затрат на проверку вида деятельности.

В дальнейшем планируется разработка нескольких алгоритмов планирования контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора, осуществляющих дифференцированный подход к планированию с учетом класса опасности субъектов, видов деятельности и объектов надзора. Планируется проведение сравнительного анализа предложенных алгоритмов с целью выявления наиболее рациональных решений по планированию деятельности. Предложенные алгоритмы позволят в условиях ограниченных ресурсов органов и организаций Роспотребнадзора сконцентрировать усилия контрольно-надзорных органов на наиболее опасных для здоровья населения субъектах и объектах надзора. Кроме того, разработанные подходы дополнят риск-ориентированную модель контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия и будут полезны при подготовке ежегодных планов проверок хозяйствующих субъектов на региональном уровне.

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. 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: методические рекомендации [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/555601296 (дата обращения: 02.09.2020).

3. 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, В.Г. Костарев // Медицинский альманах. – 2017. – № 4 (49). – С. 29–32.

4. О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 17.08.2016 № 806 (ред. от 15.07.2020) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_ LAW_203819/ (дата обращения: 02.09.2020).

5. 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.

6. Об утверждении перечня видов деятельности в сфере здравоохранения, сфере образования и социальной сфере, осуществляемых юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, в отношении которых плановые проверки проводятся с установленной периодичностью (с изменениями и дополнениями от 20 января 2011 г., 9 октября 2019 г., 17 августа 2020 г.): Постановление Правительства РФ от 23 ноября 2009 г. № 944 [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/902186651 (дата обращения: 02.09.2020).

7. 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.

Оценка санитарно-гигиенической и эпидемиологической безопасности мест рекреационного водопользования населения на реке Дон

Ю.С. Калашников[1], И.И. Механтьев[2], Ю.И. Стёпкин[1,3]

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

Цель работы – научное обоснование профилактических мероприятий по обеспечению санитарно-гигиенической и эпидемиологической безопасности рекреационного водопользования населения территории бассейна Верхнего Дона. Для получения объективной информации и обоснования управленческих решений усовершенствована система мониторинга оценки уровня негативного влияния техногенно измененных притоков Дона: ручья Голубой Дунай, сброса условно-чистых вод с правобережных очистных сооружений, сброса воды с плотины Воронежского водохранилища, 2/3 акватории которого ситуационно расположены на территории города. Выявлены особенности формирования качества воды в реке Дон под влиянием техногенно измененных притоков в черте промышленно развитого города, заключающиеся в достоверном ухудшении санитарно-химических и микробиологических показателей.

Ключевые слова: качество воды, санитарно-гигиеническая безопасность, рекреационное водопользование, река Дон.

Практически для каждой территории России характерны свои особенности формирования качества воды поверхностных водных объектов. Следует отметить, что изучению рекреационного водного фактора на территории Воронежской области с гигиенических и экологических позиций посвящено достаточно большое число исследований [1–3, 6–9].

Проблемы водных объектов бассейна Верхнего Дона также рассматривались в рамках диссертационных работ. В их числе диссертации Н.П. Мамчика (1997) «Гигиеническое обоснование оптимизации использования внутригородских водохранилищ и охрана здоровья населения (на примере Воронежского водохранилища)» [5], В.И. Каменева (1999) «Гигиеническая оценка особенностей формирования качества подземных вод в условиях влияния водохранилища» [4], А.Б. Шукелайт (2004) «Оптимизация системы мероприятий по обеспечению гигиенической безопасности питьевого водоснабжения в условиях эксплуатации внутригородских водохранилищ» [10].

Вместе с тем доминантой в региональных исследованиях являлось изучение санитарно-гигиенического состояния внутригородского Воронежского водохранилища. Гигиенических исследований на обширной территории бассейна Верхнего Дона, на которой имеет место воздействие природных и техногенных факто-

ров, существенно влияющих на качество воды водоисточников, практически не проводилось.

Данные положения делают исследования по избранной теме актуальными.

Цель работы – научное обоснование профилактических мероприятий по обеспечению санитарно-эпидемиологической безопасности рекреационного водопользования населения территории бассейна Верхнего Дона.

Для достижения этой цели поставлены и решены **задачи исследования:**

1. Провести гигиеническую и эпидемиологическую оценку роли техногенных факторов, формирующих качество воды в реке Дон на территории потенциального неблагоприятного влияния промышленно-развитого мегаполиса – г. Воронежа.

2. Усовершенствовать систему мониторинга для получения объективной информации об уровне негативного влияния техногенно измененных притоков Дона: ручья Голубой Дунай, сброса условно-чистых вод с правобережных очистных сооружений, сброса воды с плотины Воронежского водохранилища, 2/3 акватории которого ситуационно расположены на территории города.

3. Научно обосновать комплекс профилактических мероприятий по оптимизации рекреационного водопользования для снижения риска заболеваемости населения, обусловленного воздействием водного фактора, усовершенствовать риск-ориентированную модель контрольно-надзорной деятельности.

Объектами исследования являлись река Дон, техногенно измененный приток Дона – ручей Голубой Дунай, Воронежское водохранилище, техногенно измененный приток Дона – сброс воды с плотины Воронежского водохранилища. Оценка велась по 10 санитарно-химическим и пяти микробиологическим показателям.

Результаты. Оценка неблагополучия мест рекреационного водопользования на реке Дон проведена по трем группам критериев (качество воды, природный комплекс, уровень техногенной нагрузки) (табл. 1).

Выявлены факты несоответствия качества воды реки Дон в местах рекреации гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям в 1,2–2,9 % проб, по микробиологическим – в 2,1–13,9 % проб. К числу приоритетных санитарно-химических показателей в местах рекреации отнесены концентрация аммоний-иона (до 1,20 ПДК), интегральные показатели биохимического потребления кислорода (БПК) (до 2,21 и 2,58 раза соответственно), химического потребления кислорода (ХПК) (до 1,05 и 1,07 раза соответственно), а также значительное содержание взвешенных веществ (до 75,0 и 81,35 мг/дм^3 соответственно). Приоритетными микробиологическими показателями являются термотолерантные колиформные бактерии, холероподобноый вибрион, колифаги, которые периодически не соответствовали гигиеническим нормативам.

В целом установлено, что ни одно из мест рекреации на реке не может обеспечить безопасной и комфортной среды для отдыха населения и полностью гарантировать безопасность для его здоровья, поскольку минимальной суммы рангов (4) не получило ни одно из них.

В ходе анализа установлено, что существующая система мониторинга качества воды водоемов, ориентированная лишь на контроль показателей в местах рекреации, не в полной мере предоставляет объективную информацию о влиянии техногенных факторов и санитарно-эпидемиологической обстановке, связанной с водопользованием населения.

Таблица 1

Комплексная оценка неблагополучия мест рекреационного водопользования реки Дон

Место рекреационного водопользования	Качество воды*				Природный комплекс**					Уровень техногенной нагрузки*					Сумма рангов***
	Доля проб по сан.-хим. показателям, %	Ранг	Доля проб по микробиол. показателям, %	Ранг	Лесной массив	Луг	Живописность окружающей среды	Сумма баллов	Ранг	ТБО в месте рекреации	Неорганизованный проезд автотранспорта в пойму	Близость выпуска условно-чистых сточных вод в водоем	Сумма баллов	Ранг	
р. Дон, с. Новоживотинное (фоновая к/т)	1,9	1	13,9	1	0	0	1	1	3	1	1	0	2	2	7
р. Дон – г. Семилуки (место отдыха)	0	1	2,1	1	0	0	1	1	3	1	0	0	1	1	6
р. Дон, пос. Первое мая	2,9	2	8,2	1	0	0	1	1	3	1	1	1	3	3	9
р. Дон, пгт. Шилово	1,2	1	4,5	1	0	0	1	1	3	0	0	1	1	1	6

Примечание:
* – данные ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»;
** – 0 – фактор отсутствует, 1 – фактор имеет место;
*** – чем выше сумма рангов, тем состояние мест рекреации более неудовлетворительное.

Наиболее значимым фактором, влияющим на качество воды в реке Дон, является приток ручья Голубой Дунай, в который сбрасываются условно чистые воды с правобережных очистных сооружений.

В настоящее время на правобережные очистные сооружения поступают хозяйственно-бытовые и промышленные стоки с правобережной части Воронежа, а также с расположенных на левом берегу Дона поселков Придонской, Тенистый и Шилово.

Проектная производительность – 400 тыс. $м^3$ в сутки (рис. 1).

Технологическая линия включает следующие сооружения:

– механическая очистка – песколовки, радиальные и вертикальные отстойники;

– биологическая очистка – аэротенки-смесители;

– вторичные отстойники.

Очищенная сточная вода сбрасывается в ручей Голубой Дунай (географическое и кадастровое название – ручей Песчаный Лог), а по нему в реку Дон.

При визуальном обследовании ручья Голубой Дунай еще выше сброса условно чистых вод с правобережных очистных сооружений вода имеет неприятный запах, оцениваемый в 3 балла, что связано с техногенными и хозяйственно-фекальными стоками, попадающими в городской коллектор ручья, проходящий по правобережной части города. Ниже сброса условно чистых вод с правобережных очистных сооружений вода имеет коричневый цвет, местами практически черный. Отмечается выраженный запах, оцениваемый в 4 балла. В углублениях дна скапливается

иловый осадок темно-коричневого и черного цвета. Вода в ручье очень мутная, с взвешенными веществами, видимыми невооруженным глазом, на поверхности местами отмечается пленка и пена, что свидетельствует о наличии поверхностно-активных веществ.



Рис. 1. Правобережные очистные сооружения г. Воронежа:
1 – механическая очистка (первичные отстойники); *2* – биологическая очистка: аэротенки-смесители; *3* – вторичные отстойники; *4* – место сброса очищенных вод

Загрязнение воды реки Дон после места впадения ручья Голубой Дунай» визуально прослеживается на расстоянии около 1 км.

При визуальном обследовании были определены места отбора проб воды: 1) в ручье Голубой Дунай (Песчаный Лог) до сброса условно чистых сточных вод с правобережных очистных сооружений; 2) в ручье Голубой Дунай (Песчаный Лог) ниже сброса вод условно чистых сточных вод с правобережных очистных сооружений; 3) в реке Дон выше впадения в него ручья Голубой Дунай на расстоянии в 2,8 км, которая была принята за фоновую точку мониторинга; 4) в реке Дон в месте смешения, т.е. впадения ручья Голубой Дунай; 5) ниже точки впадения на расстоянии 200 м; 6) ниже точки впадения на расстоянии в 500 м; 7) ниже точки впадения на расстоянии в 2 км. Пробы воды в реке Дон (мониторинговые точки № 3 и № 7) регулярно отбираются специалистами Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области. Отбор и анализ остальных проб выполнен в инициативном порядке в рамках исследования.

Анализ полученных данных свидетельствует о значительном техногенном влиянии ручья Голубой Дунай, смешанного со стоком с правобережных очистных сооружений, на качество воды в реке Дон практически по всем санитарно-химическим показателям. Наиболее значимое техногенное влияние ручья Голубой Дунай в смеси со стоком условно чистых вод с правобережных очистных сооружений выявлено по аммоний-иону, превышения ПДК которого отмечено в месте смешения в 9,8 раза, ниже впадения на расстоянии в 200 м (в 6,8 раза) и в 500 м (в 4,8 раза); фосфат-иону – превышение ПДК в месте смешения в 1,5 раза, а также показателям БПК в 1,7–2,6 раза и ХПК – в 1,1 раза (табл. 2).

Таблица 2

Кратность превышения гигиенических нормативов по санитарно-химическим показателям в мониторинге оценки влияния стока с правобережный очистных сооружений, ручья Голубой Дунай на качество воды в реке Дон

Показатель	Ручей Голубой Дунай		Река Дон				
	до стока с ПОС (к/т № 1)	после стока с ПОС (к/т № 2)	до сброса (к/т № 3)	место смешения (к/т № 4)	ниже смешения (200 м) (к/т № 5)	ниже смешения (500 м) (к/т № 6)	ниже смешения (2 км) (к/т № 7)
Аммоний-ион (NH_4^+)	8,14	12,23	0,23	9,75	6,80	4,85	0,31
Нефтепродукты,	0,07	0,10	0,10	0,10	0,07	0,07	0,07
Нитраты (по NO_3^-)	0,23	0,41	0,14	0,17	0,16	0,15	0,07
Нитриты (по NO_2^-)	0,40	0,58	0,01	0,49	0,39	0,23	0,22
Взвешенные вещества							
Хлориды	0,12	0,32	0,05	0,29	0,22	0,15	0,08
Сульфаты	0,10	0,13	0,08	0,11	0,10	0,08	0,08
Фосфат-ион (полифосфаты)	1,81	2,25	0,06	1,47	0,92	0,83	0,34
Жесткость	0,89	0,96	0,71	0,83	0,77	0,74	0,73
Сухой остаток	0,52	0,53	0,37	0,50	0,47	0,42	0,40
БПК	2,18	2,80	0,89	2,58	1,55	2,08	1,68
ХПК	0,70	1,19	0,55	1,07	0,98	0,74	0,62
Водородный показатель, pH	7,89 ± 0,31	8,22 ± 0,52	7,72 ± 0,41	8,29 ± 0,15	7,95 ± 0,13	7,83 ± 0,12	7,82 ± 0,11
	Не выходил за пределы диапазона природных вод Воронежской области, 6,5–8,5						

Проведенные выборочные исследования воды на микробиологические показатели в месте смешения вод в летний период (к/т № 4) свидетельствуют о крайне небезопасном в эпидемиологическом отношении качества воды: общие колиформные бактерии – более $2{,}4 \cdot 10^6$ КОЕ/100, термотолерантные колиформные бактерии – до 230 КОЕ/100 мл при нормативе не более 100 КОЕ/100 мл, из возбудителей кишечных инфекций обнаружена *Salmonella Thompson*.

Обобщая материалы мониторинга качества воды в реке Дон на исследуемом участке, можно говорить об ухудшении ее качества по сравнению с контрольной точкой начала обследуемого участка, показатели которой приняты за фоновые. Наибольшее значение индекс загрязненности воды (ИЗВ) (аммоний-ион + нефтепродукты + нитраты + нитриты + хлориды + сульфаты + фосфат-ион) имеет в месте смешения (12,4). На расстоянии 2 км от места смешения ИЗВ не достигает фонового значения (1, 2 > 0,7) (рис. 2).

Влияние сброса с плотины Воронежского водохранилища на качество воды в реке Дон, по сравнению с Голубым Дунаем, менее выражено. Однако, как показывают интегральные характеристики, тоже имеет место: ИЗВ возрастает с 1,39 до 2,35, БПК – с 7,3 до 10,3, ХПК – с 19,7 до 35,2 (табл. 3).

Выводы. С учетом полученных результатов можно говорить о неблагоприятном влиянии факторов промышленно развитого города Воронежа на качество воды в реке Дон и, прежде всего, сброса условно чистых вод с правобережных очистных сооружений в уже техногенно загрязненный ручей Голубой Дунай, проте-

кающий в коллекторе по территории города, а также Воронежского водохранилища, в воды которого сбрасываются условно чистые стоки с левобережных очистных сооружений.

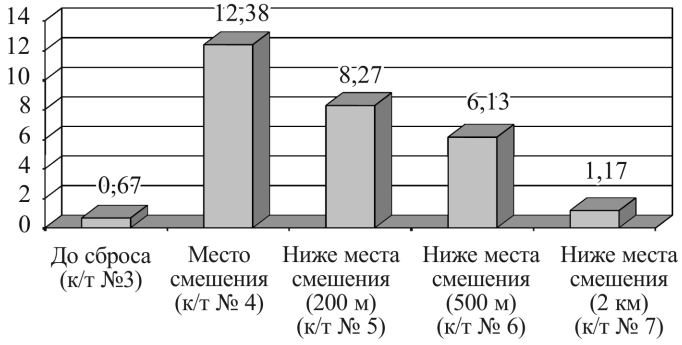


Рис. 2. Индекс загрязнения воды в контрольных точках реки Дон

Таблица 3

Оценка влияния техногенно измененных притоков реки Дон на качество воды (интегральные показатели)

Интегральный показатель	Фоновая точка контроля реки Дон (село Новоживотинное)	Оценка влияния ручья Голубой Дунай			Оценка влияния сброса воды с плотины Воронежского водохранилища	
		Дон, к/т № 3 (до смешения с ручьем Голубой Дунай)	Дон, к/т № 4, место смешения с ручьем Голубой Дунай	Дон, к/т № 7, ниже 2 км от места смешения с ручьем Голубой Дунай	Дон, к/т № 8, до сброса с Воронежского водохранилища	Дон, к/т № 9, после сброса с Воронежского водохранилища
ИЗВ	0,65	0,67	12,38	8,65	1,39	2,35
БПК	3,48	3,55	10,3	6,2	7,3	10,3
ХПК	10,5	16,5	32,2	29,5	19,7	35,2

На заключительном этапе научно обоснована система профилактических мероприятий по оптимизации рекреационного водопользования для снижения риска заболеваемости населения, обусловленного воздействием водного фактора, которая имеет комплексный характер и включает четыре взаимосвязанных блока: информационный; оценочный; аналитический и управленческий; усовершенствована риск-ориентированная модель контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Основные практические предложения по результатам работы: 1) необходимо разработать проект и осуществить строительство коллектора по отведению воды из ручья Голубой Дунай на очистные сооружения; 2) необходимо реконструировать и увеличить мощность правобережных очистных сооружений.

В практическом плане исследование также позволило усовершенствовать систему мониторинга качества воды в реке Дон: увеличить число контрольных то-

чек для получения объективной информации о техногенном влиянии сбросов условно чистых вод в реку и сброса вод с Воронежского водохранилища, скорректировать перечень и частоту определения показателей.

Список литературы

1. Жердев В.Н., Полякова Н.В. Модель управления рекреационным природопользованием бассейна реки Дон // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – 2019. – № 1 (8). – С. 16–19.

2. Интегральная эколого-гигиеническая оценка водно-рекреационного потенциала Воронежской городской агломерации / О.В. Клепиков, М.О. Маслова, Л.В. Молоканова, Ю.С. Калашников // Вестник ВГУ. Серия: География, геоэкология. – 2017. – № 1. – С. 118–125.

3. Калашников Ю.С. Гигиенические аспекты водопользования населения бассейна Верхнего Дона // Здоровье населения и среда обитания. – 2018. – № 7 (304). – С. 31–35.

4. Каменев В.И. Гигиеническая оценка особенностей формирования качества подземных вод в условиях влияния водохранилища: автореф. дис. … канд. мед. наук. – М.: Московский НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, 1999. – 24 с.

5. Мамчик Н.П. Гигиеническое обоснование оптимизации использования внутригородских водохранилищ и охрана здоровья населения (на примере Воронежского водохранилища): автореф. дис… канд. мед. наук. – М.: Московский НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, 1997. – 24 с.

6. Прожорина Т.И., Куролап С.А. Геоэкологическая оценка состояния реки Дон в пределах ближнего Подворонежья // Естественные и технические науки. – 2019. – № 8 (134). – С. 121–124.

7. Прожорина Т.И., Нагих Т.В. Гидрохимическая оценка качества вод рек ближнего подворонежья // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2017. – № 3. – С. 85–87.

8. Чувычкин А.Л., Девятова Т.А., Яблонских Л.А. Ионный состав природных вод притоков реки Дон в пределах Воронежской области // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2018. – № 3 (18). – С. 429–437.

9. Чувычкин А.Л., Яблонских Л.А., Девятова Т.А. Изменение характеристик качества поверхностных вод реки Дон в пределах Воронежского городского округа и ближнего подворонежья // Вода: химия и экология. – 2016. – № 6 (96). – С. 3–8.

10. Шукелать А.Б. Гигиенические аспекты организации мониторинга качества вод при эксплуатации внутригородских водохранилищ: автореф. дис. … канд. мед. наук. – М.: ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана, 2004. – 24 с.

Использование данных Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга по разделу «Показатели радиационной безопасности объектов окружающей среды и среды обитания людей» в оценке риска для здоровья населения г. Москвы

А.В. Иваненко, Е.В. Судакова, В.В. Дворянов, Е.М. Осипова, Е.В. Бестужева, А.С. Кузнецов

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве», г. Москва, Россия

Представлены результаты ведения радиационно-гигиенического мониторинга в г. Москве. Установлено, что население города подвергается низкому уровню радиационного риска, основной вклад в который вносят природные источники ионизирующего излучения и медицинские исследования. Определены наиболее значимые проблемы и пути оптимизации решения задач обеспечения радиационной безопасности населения.

Ключевые слова: радиационная безопасность, Федеральный информационный фонд социально-гигиенического мониторинга, оценка риска, дозы облучения, радиоактивное загрязнение, радон.

Система социально-гигиенического мониторинга (СГМ) призвана обеспечить информационно-аналитическую поддержку разработки, принятия и реализации управленческих решений и создания условий для формирования положительных тенденций в достижении ключевых индикаторных показателей обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения[1].

Неотъемлемой частью системы СГМ является использование методологии оценки риска для здоровья населения от воздействия неблагоприятных факторов среды обитания [3].

Формирование баз данных Федерального информационного фонда СГМ осуществляется в настоящее время более чем по 14 тыс. отчетным показателям, объединенным в 12 разделов [3]. К одним из основных показателей, характеризующих факторы среды обитания, отнесена радиационная безопасность объектов окружающей среды и среды обитания людей.

Сбор показателей по разделу «Показатели радиационной безопасности объектов окружающей среды и среды обитания людей» осуществляется в соответствии с приказом Роспотребнадзора № 810 от 30.12.2005 г. «О Перечне показателей и данных

[1] Решение Коллегии Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека «О развитии системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации» от 28.06.2019 г. № 7.

для формирования федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга» и методическими указаниями МУ 2.6.1.1868-04 «Внедрение показателей радиационной безопасности о состоянии объектов окружающей среды, в том числе продовольственного сырья и пищевых продуктов, в систему социально-гигиенического мониторинга».

В 2019 г. радиологической лабораторией ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» было выполнено 520 исследований проб почвы на содержание радиоактивных веществ. Содержание 137Cs и 90Sr в почве на территории города Москвы определяется незначительными глобальными выпадениями в прошлые годы и соответствует уровню фонового содержания 137Cs – 0,35 кБк/м^2 и 90Sr – 0,175 кБк/м^2. Максимальное значение 137Cs установлено единожды и составило 12,6 кБк/м^2, что было обусловлено выявлением участка радиоактивного загрязнения на частном подворье, когда был завезен грунт с деревьями из Брянской области, впоследствии на данной территории проведена рекультивация.

В рамках СГМ осуществляется также радиационный мониторинг содержания радионуклидов в воде открытых водоемов (7 проб в 2019 г.), пищевой продукции (320 проб в 2019 г.), питьевой воды, включая бутилированную (174 пробы в 2019 г.). Превышений гигиенических нормативов при оценке качества воды открытых водоемов по показателям удельной суммарной альфа(α)-активности ($8{,}7\cdot10^{-2}$ Бк/л) и бета(β)-активности ($1{,}9\cdot10^{-1}$ Бк/л) не зарегистрировано, средняя удельная активность радиоактивных веществ в воде открытых водоемов на территории г. Москвы составила по 137Cs – $2{,}8\cdot10^{-1}$ Бк/л, 226Ra – $4{,}9\cdot10^{-1}$ Бк/л.

Водоснабжение г. Москвы осуществляется преимущественно из поверхностных водоисточников (реки Москва и Волга), а также в незначительной степени из подземных источников на территории «Новой Москвы» (ТиНАО). Радиационный контроль воды, поступающей для водопотребления населения, осуществляется лабораторией «Мосводоканала», которая проводит проверку по показателям суммарной α – β-активности.

По результатам проведенных лабораторных исследований ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» в 2019 г. превышения допустимого содержания 137Cs и 90Sr в пищевых продуктах (молоко, мясо и рыба) не установлены. В то же время по данным Управления Роспотребнадзора по городу Москве [1] на рынках города при проведении входного радиационного контроля было выявлено 36 проб продукции растительного происхождения (грибы лесные, черника свежая) с превышением содержания 137Cs. Данная продукция общим весом 913,3 кг была снята с реализации и не поступила в розничную продажу. По содержанию 90Sr – превышения гигиенических нормативов не зарегистрированы.

Доза облучения населения за счет потребления продуктов питания и питьевой воды не превысила 0,18 мЗв в год. Данный факт свидетельствует об отсутствии необходимости проведения мероприятий по снижению содержания природных радионуклидов в питьевой воде централизованной системы водоснабжения при сохранении достигнутого качества и объемов производственного контроля питьевой воды со стороны АО «Мосводоканал».

По данным Управления Роспотребнадзора по городу Москве [1], ведущая роль в структуре коллективных доз облучения населения остается за природными источниками ионизирующего излучения – 78,45 %, и медицинскими исследованиями – 21,38 %; а от деятельности предприятий, использующих источники иони-

зирующего излучения (ИИИ), всего 0,05 %. Среднее значение вклада в коллективную дозу облучения населения природными источниками ионизирующего излучения составило 3,3 мЗв/чел. в год (таблица) [1, 2].

Таблица 1

Структура средней индивидуальной годовой эффективной дозы природного облучения населения г. Москвы по данным исследований 2014–2018 гг.

Виды облучения населения г. Москвы	2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	мЗв	%	мЗв	%	мЗв	%	мЗв	%	мЗв	%
От изотопов радона	1,32	37,3	1,33	36,4	1,65	41,7	1,63	39,05	1,62	37,96
От внешнего гамма-излучения, в том числе космического	0,96	27,1	1,44	39,37	1,36	34,4	1,44	34,5	1,37	32,1
От содержащегося в организме ^{40}К	0,17	4,8	0,17	4,7	0,17	4,3	0,17	4,07	0,17	4,07
От пищи и питьевой воды	0,03	0,8	0,04	1,04	0,04	1	0,040	0,96	0,188	4,41
От глобальных выпадений	0,005	0,14	0,005	0,14	0,005	0,12	0,005	0,12	0,005	0,12

Средняя годовая эффективная доза на одного жителя г. Москвы за счет всех источников ионизирующего излучения составила 4,2 мЗв в год, что относится к низкому уровню радиационного риска.

Коллективная годовая эффективная доза облучения населения от природных источников обусловлена в основном за счет облучения радоном и его дочерними продуктами распада, а также внешнего гамма-излучения.

Среднее значение ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений жилых и общественных зданий составило 19,9 Бк/м^3, что в 3,5 раза (70 Бк/м^3) меньше установленного контрольного уровня для населения г. Москвы в эксплуатируемых зданиях и соответствует среднегодовой эффективной дозе облучения для населения менее 1,0 мЗв в год.

По данным Управления Роспотребнадзора по г. Москве [1], за 2018 г. доза за счет рентгендиагностических процедур составила 0,91 мЗв в год. В 2018 г. было проведено 29 722 242 медицинских рентгенорадиологических процедуры (в 2017 г. – 27 507 783 процедуры), что составляет 2,38 процедуры на одного жителя г. Москвы. Коллективная эффективная доза медицинского облучения населения г. Москвы составила 11497,46 чел.-Зв в год, основной вклад в которую в 2018 г. внесли рентгенографические исследования – 18 669 888, в 2017 г. данных исследований было 17 563 789. Увеличилось проведение флюорографических процедур (8 462 050) на 7,7 % (в 2017 г. – 7 808 684), компьютерной томографии (1 921 596) на 20,6 % (в 2017 г. – 1 526 297), радионуклидных исследований (147 869) на 18,7 % (в 2017 г. – 120 176), прочих методов диагностики (2 515 549) на 20,3 % (в 2017 г. – 200 477), в то же время уменьшилось количество процедур рентгеноскопии (269 290) на 6,6 % (в 2017 г. – 288 630), что соответствует тенденции увеличения рентгенодиагностических процедур в медицине. Следует отметить, что вклад в годовую коллективную эффективную дозу облучения населения от компьютерной томографии составил 63,3 % (в 2017 г. – 60,7 %).

Средняя индивидуальная доза при медицинских исследованиях остается на уровне прежних лет и составляет 0,39 мЗв на процедуру (в 2017 г. – 0,4 мЗв на процедуру, в 2016 г. – 0,33 мЗв на процедуру, в 2015 г. – 0,28 мЗв на процедуру, в 2014 г. – 0,29 мЗв на процедуру). Наибольшее значение средней индивидуальной

дозы имело место при проведении радионуклидных исследований и составило 5,5 мЗв на процедуру (в 2017 г. – 5,05). В то же время произошло снижение средней индивидуальной дозы при проведении прочих процедур (эндоваскулярные, денситометрические, ангиографические и маммографические исследования) – 4,34 мЗв на процедуру (в 2017 г. – 6,2), компьютерной томографии – 3,79 мЗв на процедуру (в 2017 г. – 4,41), рентгеноскопических исследований – 2,55 мЗв на процедуру (в 2017 г. – 2,58), рентгенографических – 0,07 мЗв на процедуру (в 2017 г. – 0,08). Средняя индивидуальная доза при проведении флюорографических исследований осталась на уровне 2017 г. и составила 0,04 мЗв на процедуру.

В целом оценка доз медицинского облучения населения г. Москвы стабильна и не превышает основных дозовых пределов [1, 2].

Общее количество персонала, работающего с техногенными источниками ионизирующего излучения (ИИИ) или находящегося в сфере их непосредственного воздействия, в 2018 г. составило 26 712 человек; использовалась 21 327 установок с техногенными ИИИ, из них 6938 установок с генерирующими.

Общая численность персонала по данным формы № 1-ДОЗ «Сведения о дозах облучения лиц из персонала в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения» радиационных объектов составила 26 712 человек, из них 22 967 – персонал группы А и 3745 – персонал группы Б.

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» осуществляется ежеквартальный мониторинг вблизи радиационно опасных объектов, таких как РНЦ «Курчатовский институт», МИФИ, НИКИЭТ, ИТЭФ и т.д.

Прочие особо радиационно опасные объекты, находящиеся на территории г. Москвы в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 21.08.2006 № 1156-р «Об утверждении перечней организаций и территорий, подлежащих обслуживанию ФМБА России», находятся на контроле по подведомственности в ФМБА России.

В г. Москве отсутствуют организации, относящиеся к I категории потенциальной радиационной опасности, при аварии на которых возможно аварийное радиационное воздействие на население зоны наблюдения.

Средние индивидуальные годовые эффективные дозы персонала в г. Москве в 2018 г. в основном не превышали основные пределы доз, которые регламентированы требованиями СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» и Федеральным законом Российской Федерации от 09.01.1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения». Средняя индивидуальная доза облучения персонала группы А в 2018 г. не превышает 1,10 мЗв в год, что составляет 5,5 % от среднегодового значения предела дозы 20 мЗв в год. Численность персонала, имеющего индивидуальную дозу в диапазоне 12,5 – 20 мЗв в год, установлена у 4 человек. Случаев превышения годовой эффективной дозы 5 мЗв в год для персонала группы Б не зарегистрировано.

Проведенный анализ результатов СГМ показал, что население г. Москвы подвергается низкому уровню радиационного риска, основной вклад в который вносят природные источники ионизирующего излучения (78,45 %) и медицинские исследования (21,38 %), что необходимо учитывать при разработке мероприятий, направленных на контроль уровней риска.

Список литературы

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городе Москве в 2019 году: Государственный доклад [Электронный ресурс]. – М., 2020. – 229 с. – URL: http://77.rospotrebnadzor.ru/images/files/2505202011.pdf (дата обращения: 10.06.2020).

2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городе Москве в 2016 году: Государственный доклад [Электронный ресурс]. – М., 2017. – 212 с. – URL: http://77.rospotrebnadzor.ru/images/stories/docs/ 270420172016.pdf (дата обращения: 10.06.2020).

3. Об утверждении положения о проведении социально-гигиенического мониторинга: Постановление Правительства РФ от 02.02.2006 № 60 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/ cons_doc_LAW_58181/ (дата обращения: 10.06.2020)

Результаты оценки риска для здоровья населения Рязанской области при употреблении воды из систем хозяйственно-питьевого водоснабжения

В.Ю. Парамонов[1], В.А. Кирюшин[2], Е.А. Паненкова[1], В.В. Кучумов[1], Т.В. Моталова[2]

[1]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Рязанской области»,
[2]ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России,
г. Рязань, Россия

Приведены расчетные значения риска для здоровья населения при употреблении питьевой воды. По отдельным видам риска в районах Рязанской области отмечены неприемлемые значения. Интегральная оценка питьевой воды по показателям химической безвредности на основе оценки риска показала, что в большинстве районов Рязанской области имеются высокие значения данного показателя, что требует принятия дополнительных мер по регулированию качества воды систем хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Ключевые слова: питьевая вода, оценка риска, ранжирование.

Качественный состав питьевой воды на территории Рязанской области характеризуется повышенной жесткостью, высоким содержанием бора, железа, фторидов, в некоторых районах имеется загрязнение питьевой воды кадмием. В связи с этим для выяснения количественных характеристик вредных эффектов указанных факторов для населения проведена оценка качества питьевой воды по показателям химической безвредности, основанной на методологии оценки риска для здоровья населения.

Материалы и методы. Для оценки риска использовались данные лабораторных исследований ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Рязанской области» за состоянием питьевой воды систем хозяйственно-питьевого водоснабжения в 2019 г., проведенные в рамках социально-гигиенического мониторинга.

Оценка неканцерогенного и канцерогенного риска, риска рефлекторно-ольфакторных эффектов, суммарного риска и интегральных показателей осуществлялась в соответствии с МР 2.1.4.0032-11 [1].

При определении значения средней ежедневной пожизненной дозы вещества (LADD) применялись стандартные значения факторов экспозиции (для взрослых) при пероральном поступлении химических веществ с питьевой водой в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 [2].

Расчет риска канцерогенного воздействия от никеля в питьевой воде не производился в связи с отсутствием утвержденного значения фактора канцерогенного потенциала для данного вещества при пероральном поступлении.

В качестве приемлемой величины неканцерогенного риска использовалась величина 0,05, для канцерогенного риска – 0,00001, для рефлекторно-ольфакторных эффектов – 0,1.

Для сравнения полученных результатов оценки риска произведено картографическое ранжирование районов Рязанской области.

Результаты. Проведенной оценкой риска установлено, что индивидуальный неканцерогенный риск по отдельным веществам находится на приемлемом уровне. Однако уровень суммарного неканцерогенного риска в Кадомском, Клепиковском, Сапожковском, Спасском и Шацком районах выше приемлемых значений. Основной вклад в суммарный неканцерогенный риск вносят фториды и бор (рис. 1, табл. 1).

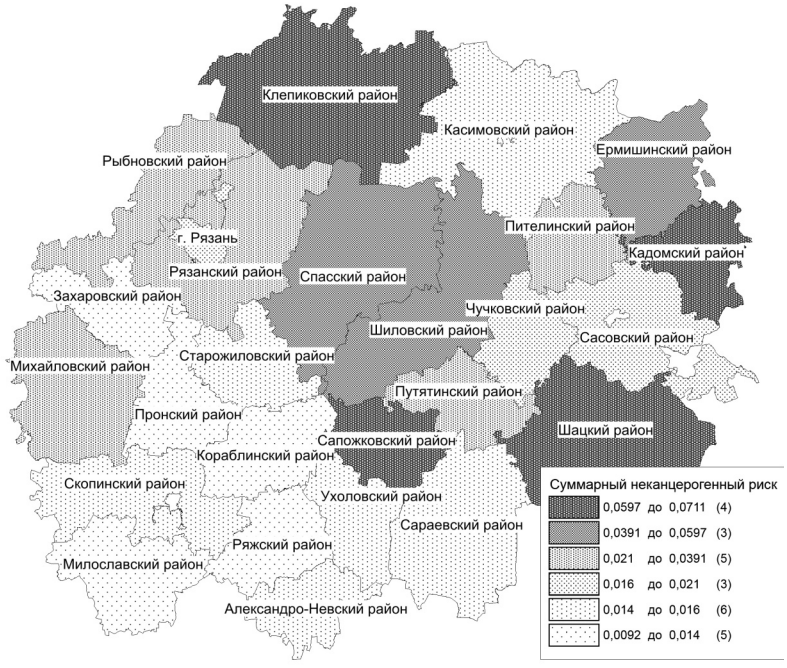


Рис. 1. Ранжирование районов по суммарному неканцерогенному риску

Таблица 1

Суммарный неканцерогенный риск

Район	Риск от воздействия								Риск *sum*	Риск/ ПЗ*
	бор	фториды	аммиак	нитраты	нитриты	кадмий	свинец	никель		
Ермишинский район	0,0234	0,02	0,00357	0,000136	0	$9{,}34\cdot10^{-6}$	0	0,000503	0,046993	0,94
Захаровский район	0,0021	0,0043	0,00134	0,000606	$4{,}02\cdot10^{-5}$	0,001238	0,000309	0,000559	0,010520	0,21
Кадомский район	0,033	0,0235	0,00413	$7{,}23\cdot10^{-5}$	0	0	0	0,000613	**0,060400**	**1,21**
Касимовский район	0,0007	0,0079	0,00074	0,006225	$1{,}72\cdot10^{-5}$	$1{,}44\cdot10^{-5}$	0	0,000345	0,015973	0,32
Клепиковский район	0,0348	0,033	0,0043	0	$7{,}91\cdot10^{-5}$	$3{,}95\cdot10^{-5}$	0	0,000290	**0,071081**	**1,42**
Кораблинский район	0,001	0,0057	0,00172	0,000105	0,000155	0,000132	$2{,}35\cdot10^{-5}$	0,000472	0,009351	0,19
Милославский район	0,0007	0,0066	0,00057	0,000824	$5{,}64\cdot10^{-5}$	0,000123	$1{,}62\cdot10^{-5}$	0,000259	0,009236	0,18
Михайловский район	0,0016	0,0036	0,00344	0,008753	0,000165	0,002102	0,001181	0,00025	0,021012	0,42
Александро-Невский район	0,004	0,0047	0,00166	0,002993	$4{,}76\cdot10^{-5}$	0,00011	0	0,00066	0,014138	0,28
Пителинский район	0,001	0,014	0	0,009075	0	0	0	0	0,024016	0,48
Пронский район	0,0019	0,0045	0,00128	0,002525	0,000492	0,000828	0,000441	0,000186	0,012284	0,25
Путятинский район	0,0182	0,0092	0,00086	0,000577	0,000680	0,000521	0	0,000548	0,030359	0,61
Рыбновский район	0,0141	0,0186	0,00405	0,000327	$9{,}8\cdot10^{-5}$	0,001336	0,000418	0,000505	0,039070	0,78
Ряжский район	0,0041	0,0045	0,00107	0,003405	$5{,}53\cdot10^{-5}$	0,000239	0	0	0,013404	0,27
Рязанский район	0,0088	0,0154	0,00432	0,000613	0,000138	0,00067	0,00022	0,000242	0,030241	0,60
Сапожковский район	0,0422	0,0118	0,00114	0,000687	0,000868	0,002117	0,000834	0,000819	**0,059712**	**1,19**
Сараевский район	0,0066	0,0047	0,00109	0,00052	0,000828	0,00154	$7{,}97\cdot10^{-5}$	0,000265	0,015626	0,31
Сасовский район	0,0072	0,0099	0	0,001613	0	0	0	0,000424	0,019126	0,38
Скопинский район	0,0032	0,0072	0,00243	0,000316	0,000126	0,000202	$1{,}05\cdot10^{-5}$	0,000483	0,014004	0,28
Спасский район	0,0272	0,0202	0,00514	0,000453	0,000152	0,001141	0,000652	0,000365	**0,054446**	**1,09**
Старожиловский район	0,0025	0,0067	0,00188	0,002176	0,0004	0,000872	0,000527	0,000136	0,015242	0,30
Ухоловский район	0,0071	0,0062	0,00109	0,000491	0,000696	0	0	0	0,015618	0,31
Чучковский район	0,0032	0,013	0	0,00189	0	0	0	0	0,018128	0,36
Шацкий район	0,0342	0,0313	0,00224	$2{,}09\cdot10^{-5}$	$2{,}68\cdot10^{-5}$	0	0	0,000497	**0,067150**	**1,34**
Шиловский район	0,03	0,0153	0,00078	0,000489	0,000552	0,001505	0,000355	0,00024	0,048671	0,97
г. Рязань	0,0036	0,0087	0,00237	0,002943	0,000568	0,000451	0,000388	$9{,}9\cdot10^{-5}$	0,019042	0,38

Примечание: * – отношение риска к приемлемому значению.

В связи с воздействием общей жесткости, железа, сульфатов, хлоридов и марганца проведена оценка риска рефлекторно-ольфакторных эффектов.

Результаты расчета рефлекторно-ольфакторных эффектов, связанных с высоким содержанием в питьевой воде железа, показали, что неприемлемый уровень риска выявлен в Захаровском, Кадомском, Касимовском, Клепиковском, Кораблинском, Милославском, Михайловском, Александро-Невском, Пронском, Рыбновском, Ряжском, Рязанском, Скопинском и Спасском районах. Неприемлемый уровень риска рефлекторно-ольфакторных эффектов, связанный с высоким уровнем общей жесткости в питьевой воде, зафиксирован в Кадомском, Клепиковском, Милославском, Рыбновском и Скопинском и районах.

Также был произведен расчет риска от воздействия хлоридов, сульфатов, марганца и оценка суммарного риска рефлекторно-ольфакторных эффектов (табл. 2).

Анализ полученных результатов расчета суммарного риска рефлекторно-ольфакторных эффектов среди районов Рязанской области позволил выявить неприемлемый уровень в 15 районах Рязанской области. В большинстве районов

основной вклад в суммарный риск вносят железо и жесткость, в Михайловском районе рефлекторно-ольфакторные эффекты обусловлены воздействием железа и марганца. Ранжирование районов по суммарному риску возникновения рефлекторно-ольфакторных эффектов представлено на рис. 2.

Таблица 2

Суммарный риск возникновения рефлекторно-ольфакторных эффектов

Район	Риск от воздействия					Риск *sum*	Риск/ПЗ*
	железо	жесткость	хлориды	сульфаты	марганец		
Ермишинский район	0,013	0,03	$6{,}44\cdot10^{-4}$	$1{,}5\cdot10^{-3}$	0	0,03	0,3
Захаровский район	0,886	0,021	$1{,}64\cdot10^{-7}$	$8{,}58\cdot10^{-7}$	$2{,}06\cdot10^{-4}$	0,886	**8,86**
Кадомский район	0,117	0,235	0,029	0,151	0	0,235	**2,35**
Касимовский район	0,225	0,013	$1{,}31\cdot10^{-7}$	$2{,}13\cdot10^{-9}$	0	0,225	**2,25**
Клепиковский район	0,414	0,286	$1{,}96\cdot10^{-3}$	0,022	0	0,414	**4,14**
Кораблинский район	0,5	0,035	$3{,}96\cdot10^{-7}$	$2{,}06\cdot10^{-5}$	0	0,5	**5**
Милославский район	0,208	0,115	$1{,}49\cdot10^{-5}$	$9{,}27\cdot10^{-3}$	0	0,208	**2,08**
Михайловский район	0,966	0,022	$1{,}20\cdot10^{-7}$	$7{,}3\cdot10^{-6}$	0,376	0,966	**9,66**
Александро-Невский район	0,26	0,028	$1{,}66\cdot10^{-7}$	$1{,}2\cdot10^{-4}$	0	0,260	**2,6**
Пителинский район	0,01	0,02	$3{,}54\cdot10^{-7}$	$1{,}72\cdot10^{-8}$	0	0,02	0,2
Пронский район	0,815	0,025	$1{,}22\cdot10^{-8}$	$2{,}41\cdot10^{-8}$	0	0,815	**8,15**
Путятинский район	$3{,}7\cdot10^{-6}$	0,013	$3{,}04\cdot10^{-8}$	$5{,}47\cdot10^{-9}$	0	0,013	0,13
Рыбновский район	0,74	0,156	$5{,}87\cdot10^{-3}$	0,012	0	0,740	**7,4**
Ряжский район	0,262	0,028	$1{,}85\cdot10^{-7}$	$1{,}04\cdot10^{-4}$	0	0,262	**2,62**
Рязанский район	0,704	0,097	$7{,}22\cdot10^{-5}$	$2{,}9\cdot10^{-3}$	$5{,}2\cdot10^{-8}$	0,704	**7,04**
Сапожковский район	$2{,}3\cdot10^{-5}$	0,012	$2{,}95\cdot10^{-6}$	$3{,}66\cdot10^{-7}$	0	0,012	0,12
Сараевский район	$3{,}8\cdot10^{-5}$	0,012	$4{,}70\cdot10^{-9}$	$6{,}95\cdot10^{-10}$	$2{,}0\cdot10^{-6}$	0,012	0,12
Сасовский район	$2{,}4\cdot10^{-8}$	0,05	$9{,}91\cdot10^{-7}$	$9{,}58\cdot10^{-7}$	0	0,050	0,5
Скопинский район	0,999	0,365	$5{,}72\cdot10^{-5}$	0,065	0	0,999	**9,99**
Спасский район	0,79	0,046	$8{,}28\cdot10^{-5}$	$3{,}53\cdot10^{-3}$	0	0,79	**7,9**
Старожиловский район	0,08	0,021	$9{,}61\cdot10^{-9}$	$9{,}65\cdot10^{-7}$	0	0,08	0,8
Ухоловский район	$2{,}3\cdot10^{-5}$	0,021	$6{,}96\cdot10^{-8}$	$9{,}36\cdot10^{-9}$	$1{,}7\cdot10^{-5}$	0,021	0,21
Чучковский район	$4{,}9\cdot10^{-5}$	0,021	$1{,}74\cdot10^{-9}$	$3{,}06\cdot10^{-6}$	0	0,021	0,21
Шацкий район	0,066	$5{,}2\cdot10^{-3}$	$1{,}37\cdot10^{-8}$	$4{,}07\cdot10^{-6}$	0	0,066	0,66
Шиловский район	$2{,}1\cdot10^{-5}$	0,031	$1{,}19\cdot10^{-7}$	$1{,}89\cdot10^{-8}$	$1{,}4\cdot10^{-4}$	0,031	0,31
г. Рязань	0,061	0,035	$7{,}0\cdot10^{-6}$	$4{,}79\cdot10^{-6}$	$6{,}9\cdot10^{-8}$	0,061	0,61

Примечание: * – отношение риска к приемлемому значению.

Проведена оценка канцерогенного риска от воздействия кадмия и свинца, а также суммарного канцерогенного риска.

Осуществленный анализ результатов расчета канцерогенного риска от воздействия загрязнения питьевой воды кадмием показал, что неприемлемые уровни риска имеются в Михайловском и Сапожковском районах, от воздействия свинца – в Михайловском, Сапожковском, Спасском и Старожиловском районах (табл. 3).

Анализ полученных результатов расчета суммарного канцерогенного риска и ранжирование территории Рязанской области выявили неприемлемый уровень суммарного риска, связанный с содержанием в воде кадмия и свинца, в 10 районах Рязанской области (рис. 3).

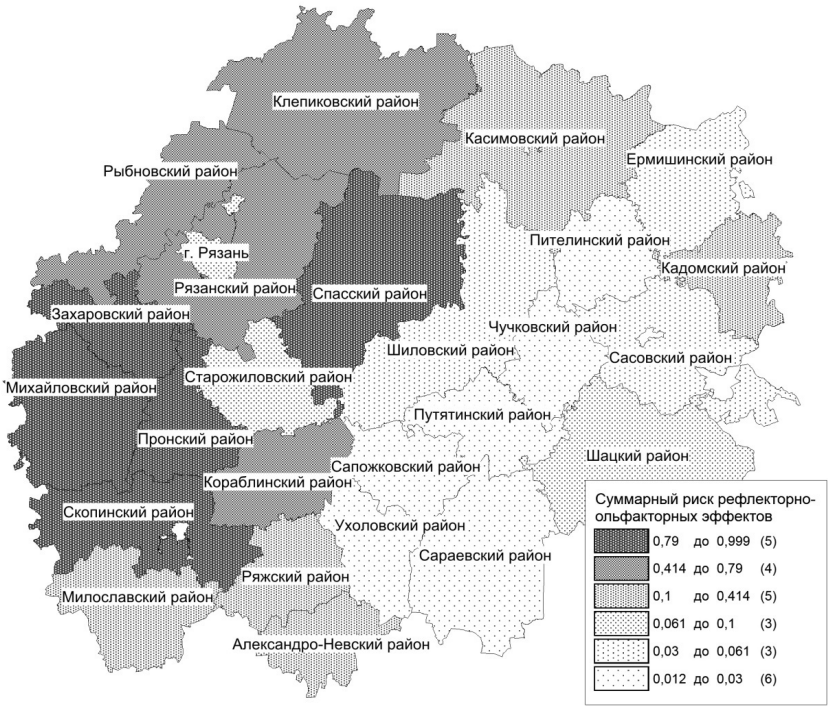


Рис. 2. Ранжирование районов по суммарному риску возникновения рефлекторно-ольфакторных эффектов

Таблица 3

Суммарный канцерогенный риск

Район	Риск от воздействия		Риск *sum*	Риск/ПЗ*
	кадмий	свинец		
Ермишинский район	$5{,}58\cdot10^{-8}$	0	0	0
Захаровский район	$7{,}4\cdot10^{-6}$	$6{,}86\cdot10^{-6}$	**$1{,}42\cdot10^{-5}$**	**1,426**
Кадомский район	0	0	0	0
Касимовский район	$8{,}65\cdot10^{-8}$	0	$8{,}65\cdot10^{-8}$	0,008
Клепиковский район	$2{,}36\cdot10^{-7}$	0	$2{,}36\cdot10^{-7}$	0,023
Кораблинский район	$7{,}88\cdot10^{-7}$	$5{,}22\cdot10^{-7}$	$1{,}31\cdot10^{-6}$	0,131
Милославский район	$7{,}38\cdot10^{-7}$	$3{,}61\cdot10^{-7}$	$1{,}09\cdot10^{-6}$	0,109
Михайловский район	$1{,}25\cdot10^{-5}$	$2{,}62\cdot10^{-5}$	**$3{,}87\cdot10^{-5}$**	**3,876**
Александро-Невский район	$6{,}57\cdot10^{-7}$	0	$6{,}57\cdot10^{-7}$	0,065
Пителинский район	0	0	0	0
Пронский район	$4{,}95\cdot10^{-6}$	$9{,}78\cdot10^{-6}$	**$1{,}47\cdot10^{-5}$**	**1,473**
Путятинский район	$3{,}11\cdot10^{-6}$	0	$3{,}11\cdot10^{-6}$	0,311
Рыбновский район	$7{,}98\cdot10^{-6}$	$9{,}27\cdot10^{-6}$	**$1{,}72\cdot10^{-5}$**	**1,725**
Ряжский район	$1{,}42\cdot10^{-6}$	0	$1{,}42\cdot10^{-6}$	0,142
Рязанский район	$4\cdot10^{-6}$	$4{,}87\cdot10^{-6}$	$8{,}87\cdot10^{-6}$	0,887
Сапожковский район	$1{,}26\cdot10^{-5}$	$1{,}84\cdot10^{-5}$	**$3{,}11\cdot10^{-5}$**	**3,114**
Сараевский район	$9{,}2\cdot10^{-6}$	$1{,}76\cdot10^{-6}$	**$1{,}09\cdot10^{-5}$**	**1,096**
Сасовский район	0	0	0	0

Окончание табл. 3

Район	Риск от воздействия		Риск *sum*	Риск/ПЗ*
	кадмий	свинец		
Скопинский район	$1{,}2 \cdot 10^{-6}$	$2{,}34 \cdot 10^{-7}$	$1{,}44 \cdot 10^{-6}$	0,144
Спасский район	$6{,}81 \cdot 10^{-6}$	$1{,}44 \cdot 10^{-5}$	$\mathbf{2{,}12 \cdot 10^{-5}}$	**2,127**
Старожиловский район	$5{,}21 \cdot 10^{-6}$	$1{,}16 \cdot 10^{-5}$	$\mathbf{1{,}68 \cdot 10^{-5}}$	**1,689**
Ухоловский район	0	0	0	0
Чучковский район	0	0	0	0
Шацкий район	0	0	0	0
Шиловский район	$8{,}99 \cdot 10^{-6}$	$7{,}86 \cdot 10^{-6}$	$\mathbf{1{,}68 \cdot 10^{-5}}$	**1,686**
г. Рязань	$2{,}69 \cdot 10^{-6}$	$8{,}6 \cdot 10^{-6}$	$\mathbf{1{,}13 \cdot 10^{-5}}$	**1,130**

Примечание: * – отношение риска к приемлемому значению.

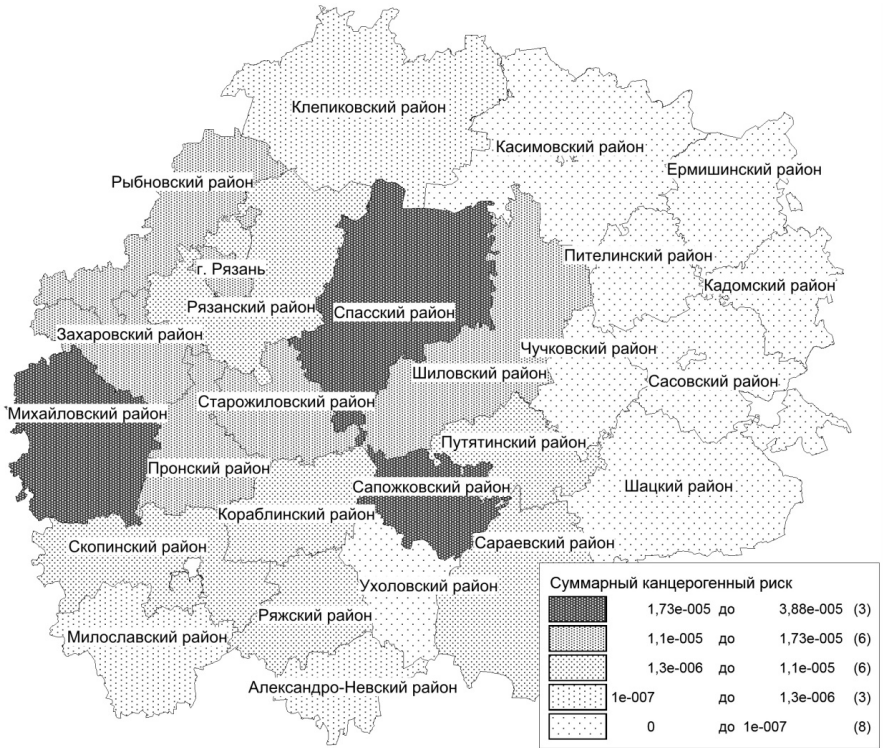


Рис. 3. Ранжирование районов по уровню суммарного канцерогенного риска

На основе рассчитанных суммарных рисков канцерогенных, неканцерогенных и рефлекторно-ольфакторных эффектов проведена интегральная оценка питьевой воды по показателям химической безвредности (табл. 4). При превышении значения приемлемого риска хотя бы по одному из его видов требуется принятие дополнительных мер по регулированию качества воды. В том случае, когда все виды риска находятся в пределах приемлемого значения, мероприятия не требуются.

Таблица 4

Интегральные показатели качества питьевой воды на основе оценки риска

Район	РИСК неканц.	Риск/ПЗ*	РИСК ро	Риск/ПЗ*	РИСК канц.	Риск/ПЗ*	ИП**
Ермишинский район	0,046993	0,939	0,03	0,3	$1{,}42\cdot10^{-5}$	0,005	**1,24**
Захаровский район	0,010520	0,210	0,886	8,86	0	1,426	**10,49**
Кадомский район	0,060400	1,208	0,235	2,35	$8{,}65\cdot10^{-8}$	0	**3,55**
Касимовский район	0,015973	0,319	0,225	2,25	$2{,}36\cdot10^{-7}$	0,008	**2,57**
Клепиковский район	0,071081	1,421	0,414	4,14	$1{,}31\cdot10^{-6}$	0,023	**5,58**
Кораблинский район	0,009351	0,187	0,5	5	$1{,}09\cdot10^{-6}$	0,131	**5,31**
Милославский район	0,009236	0,184	0,208	2,08	$3{,}87\cdot10^{-5}$	0,109	**2,37**
Михайловский район	0,021012	0,420	0,966	9,66	$6{,}57\cdot10^{-7}$	3,876	**13,95**
Александро-Невский район	0,014138	0,282	0,260	2,6	0	0,065	**2,94**
Пителинский район	0,024016	0,480	0,02	0,2	$1{,}47\cdot10^{-5}$	0	0,68
Пронский район	0,012284	0,245	0,815	8,15	$3{,}11\cdot10^{-6}$	1,473	**9,86**
Путятинский район	0,030359	0,607	0,013	0,13	$1{,}72\cdot10^{-5}$	0,311	**1,04**
Рыбновский район	0,039070	0,781	0,740	7,4	$1{,}42\cdot10^{-6}$	1,725	**9,9**
Ряжский район	0,013404	0,268	0,262	2,62	$8{,}87\cdot10^{-6}$	0,142	**3,03**
Рязанский район	0,030241	0,604	0,704	7,04	$3{,}11\cdot10^{-5}$	0,887	**8,53**
Сапожковский район	0,059712	1,194	0,012	0,12	$1{,}09\cdot10^{-5}$	3,114	**4,42**
Сараевский район	0,015626	0,312	0,012	0,12	0	1,096	**1,52**
Сасовский район	0,019126	0,382	0,050	0,5	$1{,}44\cdot10^{-6}$	0	0,88
Скопинский район	0,014004	0,280	0,999	9,99	$2{,}12\cdot10^{-5}$	0,144	**10,41**
Спасский район	0,054446	1,088	0,79	7,9	$1{,}68\cdot10^{-5}$	2,127	**11,11**
Старожиловский район	0,015242	0,304	0,08	0,8	0	1,689	**2,79**
Ухоловский район	0,015618	0,312	0,021	0,21	0	0	0,52
Чучковский район	0,018128	0,362	0,021	0,21	0	0	0,57
Шацкий район	0,067150	1,343	0,066	0,66	$1{,}68\cdot10^{-5}$	0	**2,00**
Шиловский район	0,048671	0,973	0,031	0,31	$1{,}13\cdot10^{-5}$	1,686	**2,97**
г. Рязань	0,019042	0,380	0,061	0,61	$1{,}42\cdot10^{-5}$	1,130	**2,12**

Примечание: * – отношение риска к приемлемому значению; ** – интегральный показатель.

В ходе анализа полученных результатов расчета интегрального показателя выявлено, что из 26 административных территорий Рязанской области интегральный показатель превышен в 22 районах, кроме Пителинского, Сасовского, Ухоловского и Чучковского районов.

Первоочередные мероприятия по регулированию качества питьевой воды необходимо принять в следующих муниципальных районах (имеющих наиболее высокие уровни интегрального показателя): Захаровском, Михайловском, Пронском, Рыбновском, Скопинском и Спасском районах.

При оценке интегрального показателя установлено, что основной вклад в риск здоровью населения среди районов Рязанской области (где риск превышает приемлемые значения) от употребления питьевой воды систем хозяйственно-питьевого водоснабжения вносит риск рефлекторно-ольфакторных эффектов, связанный с высоким содержанием в воде железа.

Однако в части районов Рязанской области имеются свои особенности распределения риска. Так, в Ермишинском и Шацком районах основной вклад в интегральный показатель вносит неканцерогенный риск, обусловленный воздействием бора и фтора, в Путятинском районе основной вклад в интегральный показатель вносит неканцерогенный риск от воздействия бора. В Сапожковском и Шиловском районах основной вклад в интегральный показатель вносит канцерогенный риск, обусловленный в равной степени воздействием кадмия и свинца. В Спасском, Старожиловском районах и г. Рязани основной вклад в интегральный показатель вносит канцерогенный риск, обусловленный воздействием свинца.

Выводы. На отдельных территориях Рязанской области выявлен неприемлемый уровень суммарного органолептического риска, связанный с высоким содержанием железа и повышенной жесткостью питьевых вод.

Показатели суммарного неканцерогенного риска в Кадомском, Клепиковском, Сапожковском, Спасском и Шацком районах определяют вероятность развития патологии со стороны желудочно-кишечного тракта, печени, почек, центральной нервной системы, зубов и костей.

Анализ показателей суммарного канцерогенного риска, связанного с поступлением кадмия и свинца с питьевой водой, выявил неприемлемый уровень риска в Захаровском, Михайловском, Пронском, Рыбновском, Сапожковском, Сараевском, Спасском, Старожиловском, Шиловском районах и в г. Рязани.

Интегральная оценка питьевой воды по показателям химической безвредности на основе оценки риска выявила, что в большинстве районов Рязанской области имеются высокие значения данного показателя. Это требует принятия дополнительных мер по регулированию качества воды систем хозяйственно-питьевого водоснабжения. Первоочередные мероприятия по регулированию качества питьевой воды необходимо принять в следующих муниципальных районах: Захаровском, Михайловском, Пронском, Рыбновском, Скопинском и Спасском районах.

Список литературы

1. МР 2.1.4.0032-11. Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности: методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 31 с.

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.

Санитарно-гигиеническая оценка опасности отработанных автомобильных покрышек при их вторичном использовании как элементов благоустройства различных селитебных территорий

Л.В. Славнухина, А.Г. Перевозчиков, Т.В. Карлова, Н.А. Котомина

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Вологодской области», г. Вологда, Россия

Проведена санитарно-гигиеническая оценка возможности вторичного использовании отработанных автомобильных покрышек для благоустройства территорий и определение класса опасности для здоровья человека автомобильных шин как отхода потребления в соответствии с методикой, предложенной СП 2.1.7.1386-03. Для проведения исследования были отобраны шесть образцов шин для легковых автомобилей (с тканевым кордом) различных производителей, точнее брендов: Continental, Belshina, Kumho, К-156, Nordman, Matador. Исследования миграции органических и неорганических веществ в водные вытяжки из образцов шин проводились на основании 45 показателей, при этом были определены валовые и подвижные формы мигрирующих металлов.

Ключевые слова: отработанные автомобильные покрышки, автомобильные шины, миграция токсичных элементов, класс опасности отходов, санитарно-гигиеническая оценка, резиновая смесь.

Отработанные автомобильные покрышки являются одним из наиболее распространенных видов отходов производства и потребления. По опубликованным данным в Европе ежегодно образуется около 2 млн тонн, а в США – 2,8 млн тонн шин. По данным научно-исследовательского института шинной промышленности в России ежегодно выходит из эксплуатации около 1 млн тонн шин[1] [14]. В настоящее время в мире применяется целый ряд технологий по переработке и утилизации отходов резины и изношенных автомобильных шин. Эти технологии предполагают захоронение целых или измельченных шин, использование целых шин для различных целей, применение шин и резиновых отходов для получения энергии, измельчение шин с целью получения резиновой крошки и порошка.

Однако при всем многообразии предложенных технологических решений отработанные покрышки часто используются различными учреждениями и населением для благоустройства территории в качестве малых архитектурных форм, спортивных снарядов, зачастую они применяются и на детских площадках. Покрышки являются сложными техническими изделиями, в их состав входит многокомпонентный полимер – резина, натуральные и искусственные волокна, металлическая

[1] Иванов К.С., доц. Сурикова Т.Б. Утилизация изношенных автомобильных шин [Электронный ресурс]. – URL: https://docplayer.ru/29761153-Utilizaciya-iznoshennyh-avtomobilnyh-shin-k-t-n-prof-ivanov-k-s-doc-surikova-t-b-mgtu-mami-shiny-vyhodyashchie-iz-ekspluatacii-yavlyayutsya-odnim-iz.html (дата обращения: 28.08.2020).

проволока. В соответствии с ГОСТ Р 54095-2010 «Ресурсосбережение. Требования к экобезопасной утилизации отработавших шин» около 80 % массы покрышек легковых автомобилей и около 75 % массы покрышек грузовых автомобилей составляет резиновая смесь (табл. 1).

С позиции санитарно-гигиенической оценки и безопасности их вторичного использования в качестве элементов благоустройства различных селитебных территорий наибольший интерес вызывают выделяющиеся при эксплуатации химические вещества [13].

Около 1,5 % массы покрышек составляют химические элементы или их смеси, которые находятся в резиновой смеси или представляют собой легирующие добавки: соединения меди, соединения цинка, кадмия, свинца, соединения свинца, кислые растворы или кислоты в твердой форме, галогенорганические соединения [10].

Таблица 1

Сравнение состава покрышек легковых и грузовых автомобилей в Европейском союзе

Материал	Содержание в покрышках, %	
	для легковых автомобилей	для легковых автомобилей
Резина / эластомеры	47	45
Технический углерод	21,5	22
Металлы	16,5	25
Текстиль	5,5	–
Оксид цинка	1	2
Сера	1	1
Присадки	7,5	5

Примечание: в некоторых типах шин часть технического углерода может быть заменена на диоксид кремния.

Выделяющиеся из шин вторичные амины и продукты термического распада ускорителей вулканизации класса сульфенамидов при взаимодействии с высокотоксичными оксидами азота могут превращаться в канцерогенные N-нитрозамины. Их содержание в протекторных резинах изменяется от 2,1 до 34,9 мкг/кг, а в летучих продуктах (с учетом влияния поверхности и вторичных реакций образования по вышеприведенной схеме) может существенно превышать ПДК для N-нитрозаминов.

Вторую группу приоритетных токсикантов согласно международной классификации образуют канцерогенные полиароматические углеводороды (ПАУ), содержание которых только в протекторе легковых шин достигает 234,4 мг/кг. По содержанию индикатора наличия ПАУ – бенз(а)пирена – исследованные шинные резины различаются более, чем в три раза. По ряду оценок [3, 4] из шин выделяется больше канцерогенных веществ, чем из выхлопных газов двигателя или асфальтового дорожного покрытия.

Шинная пыль, образующаяся при износе протектора, при попадании в легкие вызывает аллергические реакции, бронхиальную астму, а при контакте со слизистой оболочкой и кожным покровом – конъюнктивит, ринит, крапивницу. Объемы выделения химических веществ из автомобильных покрышек зависят от используемых при их изготовлении материалов и температуры нагрева покрышки [10].

В 1989 г. Агентство по предотвращению загрязнений окружающей среды штата Миннесота (США) изучило вымывание химических веществ из образцов покрышек для выявления тех, которые могут причинить ущерб окружающей среде. Как показали результаты исследований, в нейтральных растворах (pH = 7,0) вымывания из покрышек вредных веществ, представляющих опасность для окружающей среды, не происходит. Из образцов, подвергавшихся воздействию раствора с pH = 3,5, вымывались металлы в концентрациях, превышающих установленные допустимые уровни для питьевой воды. В частности, были зафиксированы повышенные концентрации бария, кадмия, хрома, свинца, селена и цинка.

Федеральным классификатором отходов отработанные автомобильные покрышки отнесены к четвертому классу опасности («малоопасные») для окружающей природной среды. Данный вид отхода подлежит сбору и дальнейшей утилизации. Временным классификатором токсичных промышленных отходов и методическими рекомендациями по определению класса токсичности промышленных отходов» № 4286-87 класс опасности для здоровья человека отработанных автомобильных покрышек не установлен.

Целью данного исследования являлось уточнение опасности для здоровья человека отработанных автомобильных покрышек и санитарно-гигиеническая оценка возможности их вторичного использовании как элементов благоустройства территорий.

Материалы и методы. Для проведения исследования были отобраны шесть образцов шин для легковых автомобилей (с тканевым кордом) различных производителей, точнее брендов: Continental, Belshina, Kumho, К-156, Nordman, Matador.

Исследования миграции органических и неорганических веществ в водные вытяжки из образцов шин проводились по 45 показателям, при этом были определены валовые и подвижные формы мигрирующих металлов. Осуществлена также токсикологическая оценка образцов в соответствии с методикой исследования отходов производства и потребления.

Все исследования были проведены на базе ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Вологодской области» с использованием следующих методик: ПНД Ф 14.1:2:4.182-02 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации фенолов в пробах питьевых, природных и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости “Флюорат-02”» [8]; ПНД Ф 14.1:2:4.187-02 «Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации формальдегида в пробах природных, питьевых и сточных вод на анализаторе жидкости “Флюорат-02”» [9]; ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости “Флюорат-02”» [10]; МУК 4.1.3166-14 «Газохроматографическое определение гексана, гептана, ацетальдегида, ацетона, метилацетата, этилацетата, метанола, изопропанола, акрилонитрила, н-пропанола, н-пропилацетата, бутилацетата, изобутанола, н-бутанола, бензола, толуола, этилбензола, м-, о- и п-ксилолов, изопропилбензола, стирола, альфа-метилстирола в воде и водных вытяжках из материалов различного состава» [11]; РД 52.18.289-90 «Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом» [10];

М-МВИ-80-2008 «Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии» [13] и МР 2.1.7.2279-07 «Экспресс-оценка токсичности отходов производства и потребления на культуре клеток млекопитающих» [6].

Оценка полученных результатов проводилась в соответствии с ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы» [5]; ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» [6] и СП 2.1.7.1386-03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления» [7].

Результаты. При анализе полученных результатов отмечается миграция в водную среду небольшой номенклатуры органических веществ, представленная формальдегидом, фенолами и нефтепродуктами. Концентрация в водных вытяжках остальных органических веществ ниже чувствительности использованных методов испытаний.

Подвижные формы металлов определяются в вытяжках в ацетатно-буферный раствор с pH 4,5, с кислотностью, наиболее приближенной к кислотности основных видов почв, соответственно и грунтовых вод. При проведении исследований в вытяжках из исследованных образцов были обнаружены только подвижные формы цинка (табл. 2).

Таблица 2

Содержание органических и неорганических веществ в водных вытяжках, мг/дм^3

№ п/п	Показатель	Бренд производителя резиновых шин					
		Continental	Belshina	Kumho	К-156	Nordman	Matador
1	Гексан	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005
2	Гептан	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005
3	Ацетальдегид	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
4	Ацетон	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
5	Метилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
6	Этилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
7	Метанол	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
8	Изопропанол	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
9	Акрилонитрил	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01
10	н-пропанол	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
11	н-пропилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
12	Бутилацетат	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
13	Бензол	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005
14	Толуол	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005
15	Этилбензол	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005
16	м-, о-, п-ксилолы	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005
17	Изопропил-бензол	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005
18	Стирол	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005
19	а-метилстирол	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005
20	Диметилфталат	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01
21	Диметилтера-фталат	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005
22	Диэтилфталат	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005	Менее 0,005

Окончание табл. 2

№ п/п	Показатель	Бренд производителя резиновых шин					
		Continental	Belshina	Kumho	К-156	Nordman	Matador
23	Бутилбензил-фталат	Менее 0,004	Менее 0,004	Менее 0,004	Менее 0,004	Менее 0,004	Менее 0,004
24	бис (2-этилгексил) фталат	Менее 0,004	Менее 0,004	Менее 0,004	Менее 0,004	Менее 0,004	Менее 0,004
25	Диоктилфталат	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01
26	Бензпирен						
27	Формальдегид	0,66	0,089	0,083	0,083	Менее 0,02	0,49
28	Фенолы	0,028	0,037	0,06	0,076	0,069	0,078
29	Нефтепродукты	0,2	0,37	0,15	0,38	0,21	0,2
Подвижные элементы							
38	Медь	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0
39	Свинец	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0
40	Цинк	1,2	1,3	Менее 20,0	1,45	Менее 20,0	1,7
41	Никель	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0
42	Кадмий	Менее 1,0	Менее 1,0	Менее 1,0	Менее 1,0	Менее 1,0	Менее 1,0
43	Марганец	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0	Менее 20,0
44	Кобальт	Менее 1,0	Менее 1,0	Менее 1,0	Менее 1,0	Менее 1,0	Менее 1,0
Токсичность (IR50)		Менее 5	Менее 5	Менее 5	Менее 5	Менее 5	Менее 5

В связи с тем что население зачастую использует отработанные автомобильные шины для устройства колодцев, в том числе и для получения питьевой воды, было проведено сравнение концентраций веществ, мигрировавших из шин в водные вытяжки, с гигиеническими нормативами для питьевой воды, установленными ГН 2.1.5.1315-03 [2].

Содержание вредных веществ в вытяжках из различных образцов шин с тканевым кордом значительно отличается, при этом может значительно превышать гигиенические нормативы для питьевой воды. Так, содержание формальдегида в вытяжке достигает 13,2 ПДК, нефтепродуктов – 1,3 ПДК, а цинка – до 1,7 ПДК (табл. 3).

Таблица 3

Содержание токсических веществ в водных вытяжках из резиновых шин, мг/кг

Показатели	Бренд производителя резиновых шин						ПДК
	Continental	Belshina	Kumho	К-156	Nordman-4	Matador	
Формальдегид	0,66	0,089	0,083	0,083	Менее 0,02	0,49	0,05
Фенолы	0,028	0,037	0,06	0,076	0,069	0,078	0,1
Нефтепродукты	0,2	0,37	0,15	0,38	0,21	0,2	0,3
Цинк	1,2	1,3	Менее 0,04	1,45	Менее 0,04	1,7	1

При анализе результатов исследования миграции вредных веществ в водные и ацетатно-буферные вытяжки из шин для грузовых автомобилей с металлическим кордом установлен значительно более высокий уровень миграции следующих металлов: бария, железа, цинка, кобальта, марганца, меди, свинца и стронция. Концентрации данных показателей в водных вытяжках превышали ПДК для питьевой воды в десятки и сотни раз (табл. 4).

Следует отметить, что данные соединения обладают биологической активностью: барий воздействует на почки и сердечно-сосудистую систему, железо – на

желудочно-кишечный тракт и кровь, кобальт – на кровь, медь – на печень и желудочно-кишечный тракт, марганец – на ЦНС, кровь, свинец – на ЦНС, кровь, гормональную и нервную систему, стронций вызывает поражение костной системы.

Таблица 4

Содержание токсических веществ в водных вытяжках из шин с металлокордом

№ п/п	Компонент	Концентрация, мг/кг	ПДК в воде СанПиН 2.1.4.1074-01 ГН 2.1.5.1315-03 (мг/л)	ПДК в почве ГН 2.1.7.2041-06 подвижные формы, мг/кг
1	Ацетон	1,9	2.2	–
2	Барий	2,04	0,7	–
3	Железо	297	0,3	–
4	Цинк	364	1,0	5,0
5	Кобальт	5,1	0,1	5,0
6	Марганец	30,9	0,1	до 700,0
7	Медь	2,7	1,0	3,0
8	Свинец	1,3	0,03	6,0
9	Стронций	102,6	7,0	–

С осторожностью необходимо подходить к использованию воды для полива сельскохозяйственных культур. Цинк, активно мигрирующий в водную среду из покрышек, легко усваивается растениями, и его ПДК в почве установлена ГН 2.1.7.2041-06 [3] по транслокационному показателю на уровне 23,0 мг/кг. При длительном поступлении в организм в больших количествах все соли цинка, могут вызывать отравление. Отравление цинком приводит к анемиям, задержке роста, бесплодию.

Разумеется, в отношении реального использования отработанных автомобильных шин для устройства систем водоснабжения полученные в лабораторных условиях результаты будут относительными: миграция химических веществ в воду будет зависеть от площади контакта шин с водой, температуры и кислотности воды, величины водоразбора.

В рамках работы был проведен также расчет класса опасности для здоровья человека автомобильных шин как отхода потребления в соответствии с методикой, предложенной СП 2.1.7.1386-03 [12]. Расчет выполнялся с использованием программного продукта «Определение класса опасности». Класс опасности отходов определялся также в токсикологическом эксперименте в соответствии с МР 2.1.7.2279-07 [6].

Все испытанные образцы показали схожие результаты: сумма показателей опасности веществ, составляющих отход, находится в пределах 251–252 единиц, что позволяет их отнести к третьему классу опасности в соответствии с СП 2.1.7.1386-03 (табл. 5).

Согласно результатам экспресс оценки токсичности отхода на культуре клеток млекопитающих среднее эффективное разведение отхода (IR50) для всех испытанных образцов составляет менее 5, что позволяет отнести отход к четвертому классу опасности.

По результатам исследований отработанных автомобильных шин с металлокордом сумма показателей опасности веществ, составляющих отход, находилась в пределах 599 единиц, что также относило отход к третьему классу опасности (табл. 6).

Таблица 5

Показатели опасности веществ, составляющих отход в различных видах резиновых шин

Показатель, мг/кг	Бренд производителя резиновых шин						
	Continental	*Ki*	Belshina	Ki	Kumho	Ki	Wi
Бенз(а)пирен							1
Формальдегид	0,66	0,027222	0,089	0,003671	0,083	0,003423	24,245
Фенолы	0,028	0,002402	0,037	0,003174	0,06	0,005146	11,659
Нефтепродукты	0,2	0,000796	0,37	0,001473	0,15	0,000597	251,189
Цинк	24	0,758941	26	0,822186	0	0	31,623
Резина, полимеры, сталь	999975,1	251,1824	999973,5	251,182	999999,7	251,1886	3981,072
Сумма Ki		251,9717		*252,0125*		*251,1977*	
Показатель, мг/кг	Бренд производителя резиновых шин						
	К-156	Ki	Nordman-4	Ki	Matador	Ki	Wi
Бенз(а)пирен							1
Формальдегид	0,083	0,003423	0	0	0,49	0,02021	24,245
Фенолы	0,076	0,006519	0,069	0,005918	0,078	0,00669	11,659
Нефтепродукты	0,38	0,001513	0,21	0,000836	0,2	0,000796	251,189
Цинк	29	0,917054	0	0	34	1,075167	31,623
Резина, полимеры, сталь	999970,5	251,1812	999999,7	251,1886	999965,2	251,1799	3981,072
Сумма Ki		252,1097		*251,1953*		*252,2828*	

Таблица 6

Показатели опасности веществ, составляющих отход в шинах с металлокордом

№ п/п	Компонент	Содержание, мг/кг	Wi	Ki
1	Ацетон	1,9	475,251	0,003998
2	Барий	40,7	36,308	1,120965
3	Железо	5940,6	135,936	43,70145
4	Цинк	7273	31,623	229,9908
5	Кобальт	102,48	12,8	8,00625
6	Марганец	618	15,849	38,993
7	Медь	54	19,953	2,70636
8	Свинец	26,4	6,31	4,183835
9	Стронций	2052	89,125	23,02384
10	Синтетический каучук		3981,072	247,1422
	Сумма Ki			*598,8727*
	Токсичность (IR50)			*12,7*

В соответствии с результатами эксперимента по оценке фитотоксичности отхода на семенах овса эффект ER50 (среднее эффективное разведение экстракта отхода, вызывающее торможение роста корней проростков семян) наблюдается при разведении экстракта в диапазоне 1–10, что характерно для отходов третьего класса опасности.

На основании проведенных исследований считаем возможным отнести отход «шины автомобильные» отработанные к 3-му классу опасности по СП 2.1.7.1386-03 [12]. При оценке полученных результатов исследований необходимо учитывать, что они

не могли охватить всю номенклатуру химических веществ, которые потенциально могут мигрировать из отработанных автомобильных покрышек в водную среду и почву. Концентрации большинства исследованных веществ оказались ниже использованных методов исследований.

Выводы. Отмечается миграция из отработанных автомобильных шин в водную среду органических веществ, представленная формальдегидом, фенолами и нефтепродуктами, при этом концентрации формальдегида и нефтепродуктов могут превышать гигиенические нормативы, установленные для питьевой воды и воды водных объектов.

Обнаружена значительная миграция в водную среду из шин с тканевым кордом цинка, при этом создаются концентрации, превышающие гигиенические нормативы для водных объектов и почвы. Уровень миграции бария, железа, цинка, кобальта, марганца, меди, свинца и стронция из шин с металлокордом значительно выше, чем с тканевым кордом, – концентрации в водных вытяжках данных соединений превышают ПДК для питьевой воды в десятки и сотни раз. По результатам расчета класса опасности для здоровья человека автомобильных шин как отхода потребления и токсикологических экспериментов отход «Шины автомобильные отработанные» отнесен к 3-му классу опасности по СП 2.1.7.1386-03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления».

Результаты выполненной санитарно-гигиенической оценки миграции химических веществ из отработанных автомобильных шин в водную среду, а также имеющиеся данные об уровнях миграции органических веществ из автомобильных шин в атмосферу не позволяют рекомендовать их для вторичного использования ни в качестве элементов благоустройства территорий, ни для систем локального водоснабжения при обустройстве рекреационных зон.

Список литературы

1. ГОСТ Р 54095-2010. Ресурсосбережение. Требования к экобезопасной утилизации отработавших шин [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200085525 (дата обращения: 28.08.2020).

2. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/901862249 (дата обращения: 28.08.2020).

3. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/901966754 (дата обращения: 28.08.2020).

4. МУК 4.1.3166-14. Газохроматографическое определение гексана, гептана, ацетальдегида, ацетона, метилацетата, этилацетата, метанола, изопропанола, акрилонитрила, н-пропанола, н-пропилацетата, бутилацетата, изобутанола, н-бутанола, бензола, толуола, этилбензола, м-, о- и п-ксилолов, изопропилбензола, стирола,

альфа-метилстирола в воде и водных вытяжках из материалов различного состава [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200119252 (дата обращения: 28.08.2020).

5. М-МВИ-80-2008. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии [Электронный ресурс]. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293824/4293824289.htm (дата обращения: 28.08.2020).

6. МР 2.1.7.2279-07. Экспресс-оценка токсичности отходов производства и потребления на культуре клеток млекопитающих [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200064929 (дата обращения: 28.08.2020).

7. ПНД Ф 14.1:2:4.182-02. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации фенолов в пробах питьевых, природных и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» [Электронный ресурс]. – URL: https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293753/4293753703.htm (дата обращения: 28.08.2020).

8. ПНД Ф 14.1:2:4.187-02. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации формальдегида в пробах природных, питьевых и сточных вод на анализаторе жидкости Флюорат-02 [Электронный ресурс]. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293753/4293753702.pdf (дата обращения: 28.08.2020).

9. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200079424 (дата обращения: 28.08.2020).

10. Разгон Д.З. Вторичное использование и переработка изношенных шин. – ТБО, 01.07.2004.

11. РД 52.18.289-90. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200048596 (дата обращения: 28.08.2020).

12. СП 2.1.7.1386-03 Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/901865875 (дата обращения: 28.08.2020).

13. Третьяков О.Б., Корнев В.А., Кривошеева Л.В. Воздействие шин на окружающую среду и человека [Электронный ресурс]. – URL: https://www.docsity.com/ru/vozdeystvie-shin-na-okruzhayushchuyu-sredu-i-cheloveka/1312968/ (дата обращения: 28.08.2020).

Мониторинг состояния атмосферного воздуха в городах Ленинградской области: проблемы и перспективы

В.Н. Федоров[1,2], Ю.А. Новикова[1], А.А. Ковшов[1,2], Н.А. Тихонова[1], И.О. Мясников[1]

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

Изучена система мониторинга качества атмосферного воздуха в Ленинградской области за период 2007–2018 гг. Сформирована база данных по результатам многолетнего мониторинга в разрезе муниципальных районов Ленинградской области. Проанализирован перечень контролируемых показателей, характер программы отбора проб (полная, сокращенная, скользящий график), типы постов мониторинга (стационарный, маршрутный).

Сделан вывод, что, несмотря на стабильный охват системой мониторинга территорий Ленинградской области, важной проблемой является отсутствие с 2014 г. стационарных постов контроля. Система мониторинга качества атмосферного воздуха нуждается в реорганизации и внедрении стационарных постов мониторинга, что позволило бы получать среднесуточные и среднегодовые концентрации, пригодные для углубленной гигиенической оценки качества атмосферного воздуха и моделирования риска для здоровья населения.

Ключевые слова: атмосферный воздух, мониторинг, Ленинградская область.

Атмосферный воздух традиционно рассматривается в качестве одного из ключевых факторов среды обитания, напрямую влияющего на заболеваемость населения, в частности болезнями органов дыхания [3, 4, 15,16].

Мониторинг качества атмосферного воздуха, выполняемого силами различных организаций (Роспотребнадзор, Росгидромет, промышленные предприятия), призван служить источником информации о фактических уровнях загрязнения воздуха населенных мест, что, в свою очередь, позволяет оценивать и прогнозировать динамику гигиенической обстановки на конкретной территории.

Система мониторинга качества атмосферного воздуха в Ленинградской области, несмотря на широкий территориальный охват, не отражает в полной мере актуальные запросы и нуждается в совершенствовании [12].

Цель настоящей работы – комплексный анализ системы мониторинга качества атмосферного воздуха в городах Ленинградской области в динамике за 12-летний период – с 2007 по 2018 г.

Материалы и методы. Для настоящего исследования были использованы данные социально-гигиенического мониторинга в части контроля качества атмосферного воздуха населенных мест Ленинградской области в разрезе муниципальных районов за период с 2007 по 2018 г., а также материалы к государственным докладам «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области» в 2013–2018 гг. [5–11].

Для выполнения анализа авторами была сформирована база данных по результатам многолетнего мониторинга за указанный период в разрезе всех муниципальных районов Ленинградской области, за исключением Подпорожского района, в котором мониторинг качества атмосферного воздуха не осуществляется.

В сформированную базу данных были включены результаты мониторинга, проводимого органами и учреждениями Роспотребнадзора, ФБГУ «Северо-Западное УГМС» (Росгидромет), а также промышленными предприятиями в рамках производственного контроля.

В ходе выполнения исследования анализировались перечень контролируемых показателей на каждом посту контроля, характер программы отбора проб (полная, сокращенная, скользящий график), типы постов мониторинга (стационарный, маршрутный)

Результаты. Контроль за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга в 2018 г. проводился на 50 постах в 30 населенных пунктах, в четырех из которых имеются как посты ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области», так и ФБГУ «Северо-Западное УГМС»: города Выборг, Кингисепп, Кириши, Луга.

Из 50 постов мониторинга лишь на 8 стационарных постах реализована возможность отбора проб воздуха в течение суток с различной периодичностью с получением среднесуточных концентраций загрязняющих веществ. По принадлежности указанные стационарные посты принадлежат как ФБГУ «Северо-Западное УГМС» (города Выборг, Кингисепп, Кириши, Луга), так и хозяйствующим субъектам, осуществляющим мониторинг атмосферного воздуха в рамках производственного контроля (промышленные предприятия г. Тихвин) [5–11].

Из числа 42 маршрутных постов, позволяющих получать сведения о разовых концентрациях загрязняющих веществ, 32 принадлежат ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области» и 10 – промышленным предприятиям, преимущественно в г. Тихвин.

Обобщенные результаты сравнительного анализа системы мониторинга качества атмосферного воздуха на конец 2018 г. приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты сравнительного анализа системы мониторинга качества атмосферного воздуха на конец 2018 г. в разрезе муниципальных районов Ленинградский области

№ п/п	Муниципальный район	Количество постов мониторинга	Населенные пункты	Количество контролируемых показателей	Перечень контролируемых показателей	Тип получаемых концентраций
1	2	3	4	5	6	7
1	Кингисеппский	5	г. Ивангород, г. Кингисепп, п. Косколово, п. Кингисеппский	16	Азота диоксид, аммиак, ангидрид фосфорный, бензол, взвешенные вещества, диметилбензол (сумма изомеров), кислота серная, метилбензол, углерод (сажа), пыль каменного угля, сера диоксид, углерода оксид, фтористый водород, этилбензол, смесь углеводородов предельных C_1–C_5, смесь углеводородов предельных C_6–C_{10}	Максимально разовые; среднесуточные

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
2	Сосново-борский городской округ	4	г. Сосновый Бор	14	Ртуть, аммиак, азота оксид, азота диоксид, углерод оксид, сера диоксид, сероводород, свинец, марганец, бензол, метилен хлористый, хлорбензол, эпихлоргидрин, ацетон	Нет данных
3	Тосненский	3	г. Никольское, г. Тосно, п. Красный Бор	11	Азота диоксид, бензол, взвешенные вещества, диметилбензол (сумма изомеров), кислота серная, метилбензол, сера диоксид, углерода оксид, формальдегид, хлорбензол, гидроксибензол	Максимально разовые
4	Гатчинский	4	г. Гатчина, г. Коммунар	10	Азота диоксид, дигидросульфид (сероводород), сера диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества, бензол, диметилбензол (сумма изомеров), метилбензол, углерод (сажа)	Максимально разовые
5	Тихвинский	11	г. Тихвин	9	Азота диоксид, сера диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества, озон, хром (в пересчете на хром (VI) оксид), свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец), марганец, цинк	Максимально разовые; среднесуточные
6	Волховский	2	г. Волхов, г. Сясьстрой	7	Кислота серная, азота диоксид, сера диоксид, фтористый водород, углерода оксид, взвешенные вещества, хлор	Максимально разовые
7	Выборгский	5	г. Выборг, г. Высоцк, г. Светогорск	7	Азота диоксид, сера диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества, формальдегид, сероводород, пыль каменного угля	Максимально разовые; среднесуточные
8	Киришский	3	г. Кириши	7	Азота диоксид, сера диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества, бензол, диметилбензол (сумма изомеров), метилбензол	Максимально разовые; среднесуточные
9	Лужский	2	г. Луга	6	Азота диоксид, сера диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества, формальдегид, фенол	Максимально разовые; среднесуточные
10	Волосовский	1	г. Волосово	5	Аммиак, азота диоксид, сера диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества	Максимально разовые
11	Кировский	2	г. Кировск, г. Шлиссельбург	5	Аммиак, азота диоксид, сера диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества	Максимально разовые
12	Приозерский	2	г. Приозерск, п. Кузнечное	5	Азота диоксид, сера диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния 70–20 %	Максимально разовые
13	Сланцевский	2	г. Сланцы	5	Взвешенные вещества, азота диоксид, сера диоксид, углерода оксид	Максимально разовые
14	Бокситогорский	2	г. Бокситогорск, г. Пикалево	4	Азота диоксид, сера диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества	Максимально разовые
15	Всеволожский	2	г. Всеволожск, г. Сертолово	4	Азота диоксид, сера диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества	Максимально разовые
16	Лодейнопольский	1	г. Лодейное Поле	4	Азота диоксид, сера диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества	Максимально разовые
17	Ломоносовский	2	п. Новоселье, п. Горелово	4	Азота диоксид, сера диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества, ацетальдегид	Максимально разовые

Как можно видеть из данных табл. 1, наибольший перечень контролируемых показателей в атмосферном воздухе (более 10) характерен для постов Гатчинского, Кингисеппского, Тихвинского, Тосненского районов и Сосновоборского городского округа.

Анализ результатов мониторинга в 2016–2018 гг. показывает периодически регистрируемые превышения гигиенических нормативов (ПДК максимально-разовые и среднесуточные) в городах Выборг, Кингисепп, Кириши, Луга, Приозерск и Тихвин. Наибольшее количество проб с превышение гигиенических нормативов за период 2016–2018 гг. зарегистрировано в 2016 г.

Выполненный в рамках настоящего исследования ретроспективный анализ системы мониторинга качества атмосферного воздуха показывает, что в 2007 г. качество атмосферного воздуха оценивалось по результатам исследований на 40 постах мониторинга, из которых 34 принадлежали ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области», два – ФБГУ «Северо-Западное УГМС» и четыре – промышленным предприятиям в городах Пикалево, Светогорск, Тосно. Пространственный анализ системы мониторинга качества атмосферного воздуха в 2007 г. свидетельствует об охвате 15 районов из 17 и одного городского округа (Сосновый Бор) (табл. 2). При этом начиная с 2014 г. в перечень районов, охваченных мониторингом, входит также Лодейнопольский район, где имеется один пост мониторинга (табл. 1).

Таблица 2

Результаты сравнительного анализа системы мониторинга качества атмосферного воздуха в 2007 г. в разрезе муниципальных районов Ленинградский области

№ п/п	Муниципальный район	Количество постов мониторинга	Принадлежность поста мониторинга
1	Бокситогорский	3	ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области», промышленные предприятия
2	Волосовский	1	ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области»
3	Волховский	1	
4	Всеволожский	1	
5	Выборгский	5	ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области», промышленные предприятия
6	Гатчинский	2	ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области»
7	Кингисеппский	2	
8	Киришский	4	ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области», Росгидромет
9	Кировский	1	ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области»
10	Ломоносовский	1	
11	Лужский	4	
12	Приозерский	5	
13	Сланцевский	1	
14	Тихвинский	1	ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области»
15	Тосненский	3	ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области», промышленные предприятия
16	Сосновоборский городской округ	Нет данных	ФГБУЗ ЦМСЧ № 38 ФМБА России

Анализ системы мониторинга качества атмосферного воздуха в Ленинградской области за изученный период показывает стабильный территориальных охват контролем практически всех районов, за исключением Подпорожского района. В период с 2007 по 2013 г. территориальный охват мониторингом атмосферного воздуха муниципальных районов Ленинградской области не включал в себя Лодейнопольский район. Кроме того, за весь изученный период не охваченным мониторингом остается Подпорожский район.

Наибольшее число постов контроля качества воздуха традиционно принадлежат ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области», в распоряжении которого имеются посты во всех муниципальных районах, кроме Сосновоборгского городского округа, где мониторинг атмосферного воздуха осуществляется силами ФГБУЗ ЦМСЧ № 38 ФМБА России.

При этом с 2015 г. по настоящее время [5] в распоряжении Роспотребнадзора имеются лишь маршрутные посты мониторинга, которые позволяют получать только максимально разовые концентрации загрязняющих веществ. Существующие на 2018 г. стационарные посты мониторинга принадлежат ФБГУ «Северо-Западное УГМС» (пять постов в городах Выборг, Кингисепп, Кириши, Луга) и промышленным предприятиям.

Несмотря на широкий территориальный охват мониторингом качества атмосферного воздуха муниципальных районов Ленинградской области и сравнительно малого количества превышений гигиенических нормативов [5–11], следует обратить внимание на ряд проблем, а именно:

1. В городах Бокситогорск, Волхов, Всеволожск, Гатчина, Сланцы, Тосно, где расположены крупные промышленные объекты [13], в настоящее время отсутствуют стационарные посты мониторинга, ввиду чего для анализа и гигиенической оценки доступны только максимально разовые концентрации, что не всегда в полной мере отражает картину хронической экспозиции населения к воздействию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [1].

2. Применительно к п. Красный Бор (Тосненский район) проблема контроля качества воздуха стоит особенно остро ввиду наличия полигона «Красный Бор», на котором размещают и хранят промышленные токсичные отходы предприятий Санкт-Петербурга и Ленинградской области I–V классов опасности, исключая радиоактивные отходы. Несмотря на прекращение приема отходов с 2014 г. [2], данный объект является действующим источником загрязнения атмосферного воздуха [3, 14].

3. Отсутствие среднесуточных и среднегодовых (осредненных за длительный период) концентраций загрязняющих веществ в воздухе не позволяет выполнить оценку хронического риска для здоровья населения от фактических уровней загрязнений атмосферы по данным мониторинга или, в случае с населенным пунктами, где имеются стационарные посты мониторинга, результаты оценки хронического риска носят ограниченный характер ввиду малого перечня контролируемых показателей.

Анализ структуры системы мониторинга показал, что наиболее широкий перечень контролируемых показателей характерен для городов Сосновый Бор, Тосно и Гатчина, где контролируется более 10 показателей. Из указанных городов наибольшее число показателей контролируется в городском округе Сосновый Бор, однако результаты мониторинга, проводимого ФГБУЗ ЦМСЧ № 38 ФМБА России, не публикуются в открытых источниках и не могут быть проанализированы.

Анализ количества выполненных исследований за указанный период показал, что наиболее часто контролируемыми показателями являются сероводород, взвешенные вещества и углерода оксид.

Выводы:

1. Существующая система мониторинга качества атмосферного воздуха в Ленинградской области охватывает все муниципальные районы, кроме Подпорожского района, где мониторинг не проводится. Кроме того, в городском округе Сосновый Бор мониторинг осуществляется силами ФГБУЗ ЦМСЧ № 38 ФМБА России, однако получаемые данные носят закрытый характер и не публикуются в официальных отчетах организации.

2. За изученный период 2007–2018 гг. не произошло уменьшения количества постов контроля качества атмосферного воздуха по районам Ленинградской области.

3. Несмотря на стабильный охват системой мониторинга территорий Ленинградской области за изученный период, одной из важных задач следует считать отсутствие с 2014 г. стационарных постов, позволяющих получать сведения о среднесуточных концентрациях.

4. В таких промышленно-развитых районах Ленинградской области, как Тихвинский, Выборгский, Киришский, Сланцевский и Всеволожский, перечень показателей, контролируемых в рамках мониторинга качества атмосферного воздуха, представлен 4–7 наименованиями, несмотря на значительное количество загрязнителей, выбрасываемых расположенными там предприятиями.

5. Подводя итоги, следует обратить внимание на необходимость, с одной стороны, расширения перечня загрязнителей, контролируемых в рамках мониторинга атмосферного воздуха в промышленно-развитых районах Ленинградской области, а с другой – на необходимость внедрения в практику стационарных постов мониторинга, что позволило бы получать среднесуточные и среднегодовые концентрации, пригодных как для углубленной гигиенической оценки качества атмосферного воздуха, так и для моделирования риска для здоровья населения.

Список литературы

1. Актуальные проблемы управления состоянием окружающей среды и здоровьем населения / Г.Г. Онищенко, В.Б. Гурвич, С.В. Кузьмин [и др.] // Уральский медицинский журнал. – 2008. – № 11. – С. 4–10.

2. Дирекция по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений полигона «Красный Бор» [Электронный ресурс] // Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение: официальный сайт. – URL: http://www.poligonkb.spb.ru (дата обращения: 22.06.2020).

3. Донченко В.К. Проблемы и перспективы полигона «Красный Бор» // Региональная экология. – 2016. – № 2 (44). – С. 38–40.

4. Куролап С.А., Клепиков О.В. Методический подход к созданию системы медико-экологического мониторинга крупного промышленного центра с применением геоинформационных технологий // Медико-экологическая диагностика состояния окружающей среды города Воронежа: сборник науч. статей. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2017. – № 6. – С. 20.

5. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2018 году: материалы к государственному докладу

[Электронный ресурс]. – URL: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast_v_2018_g.pdf (дата обращения: 22.06.2020).

6. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2017 году: материалы к государственному докладу [Электронный ресурс]. – URL: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast'_v_2017_g.pdf (дата обращения: 22.06.2020).

7. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2016 году: материалы к государственному докладу [Электронный ресурс]. – URL: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_lo_v_2016_g.pdf (дата обращения: 22.06.2020).

8. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2015 году: материалы к государственному докладу [Электронный ресурс]. – URL: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast'_v_2015.pdf (дата обращения: 22.06.2020).

9. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2015 году: материалы к государственному докладу [Электронный ресурс]. – URL: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast'_v_2015.pdf (дата обращения: 22.06.2020).

10. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2014 году: материалы к государственному докладу [Электронный ресурс]. – URL: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast'_v_2014_g.pdf (дата обращения: 22.06.2020).

11. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Ленинградской области в 2013 году: материалы к государственному докладу [Электронный ресурс]. – URL: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast'_28.02.14.pdf (дата обращения: 22.06.2020).

12. Об определении списка приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, подлежащих гигиеническому контролю / Э.Ю. Гюльмамедов, А.В. Киселев, Г.Б. Еремин [и др.]// Экологические проблемы промышленных городов: Сборник материалов конференции. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2013. – С. 38–40.

13. Проблемы гигиенической оценки качества атмосферного воздуха населенных мест на примере городов Ленинградской области / В.Н. Фёдоров, Н.А. Тихонова, Ю.А. Новикова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 6. – С. 657–664.

14. Салимгареева М.С. Проблемы экологической безопасности при ненадлежащей эксплуатации инфраструктуры на примере полигона «Красный Бор» // Природа и общество: технологии обеспечения продовольственной и экологической безопасности. Серия: Социоестественная история. Генезис кризисов природы и общества в России / под ред. Н.О. Ковалевой, С.К. Костовска, Е.А. Борисовой. – М., 2016. – С. 296–298.

15. Управление санитарно-эпидемиологической обстановкой с использованием социально-гигиенического мониторинга и методологии оценки риска для здоровья населения / С.В. Кузьмин, В.Б Гурвич., С.В. Ярушин [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2010. – № 11 (212). – С. 16–19.

16. Фридман К.Б., Лим Т.Е., Шусталов С.Н. К вопросу гигиенической оценки транспортных загрязнений и влияния их на здоровье населения // Экология человека. – 2012. – № 6. – С. 43–47.

Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха и риски здоровью населения в г. Киселёвске Кемеровской области – Кузбасса

Л.А. Глебова, А.В. Бачина, Т.В. Симонова, В.В. Браиловский

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области», г. Кемерово, Россия

Результаты гигиенической оценка качества атмосферного воздуха в г. Киселёвске свидетельствуют о превышение $ПДК_{мр}$ по взвешенным вещества – 4,65 %, углерода оксиду – 4,44 %. Существует риск здоровью населения со стороны органов дыхания (*THI* = 6,16), системы крови (*THI* = 1,15). Средние показатели первичной заболеваемости населения города превышают показатели области: болезни уха – на 42,43 %, врожденные аномалии – в 1,7 раза, травмы и отравления – на 10,22 %. При множественном регрессионном анализе установлено, что на уровень заболеваемости населения города наибольшее влияние оказывают: диоксид азота – 5,04 %, углерод черный (сажа) – 40,39 %, оксид углерода – 34,15 %, диоксид серы – 8,27 %.

Ключевые слова: гигиеническая оценка, атмосферный воздух, риск здоровью населения, регрессионный анализ.

О вредном влиянии загрязнения атмосферного воздуха на смертность и заболеваемость населения свидетельствуют результаты многолетних масштабных исследований, в том числе признанных на уровне Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). По данным ВОЗ загрязнение атмосферного воздуха является после курения табака вторым по величине фактором риска развития неинфекционных заболеваний [1]. Приблизительно 90 % населения во всем мире дышат воздухом с повышенными уровнями загрязнения, что приводит к преждевременной смерти около 7 млн человек, или к одному случаю смерти из девяти ежегодно [5]. Так, загрязнение атмосферного воздуха в 2016 г. привело к 5,6 млн случаев смерти от неинфекционных заболеваний [6]. Всемирная ассамблея здоровья предписала ВОЗ взять на себя ведущую роль в борьбе с одними из наиболее значительных причин преждевременной смерти в мире. В крупных городах стран с низким доходом количество людей, подверженных такому воздействию, может достигать 98 %.

Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения Кемеровской области и, в частности, гигиенической безопасности граждан остается приоритетным направлением деятельности органов и учреждений Роспотребнадзора. Для Кемеровской области с разной направленностью развития отраслей промышленности актуальной проблемой сохраняется комплексная оценка закономерности формирования загрязнения окружающей среды, уровня заболеваемости населения, ассоциированных с воздействием факторов среды обитания, повышения результативности принятия управленческих решений в системе социально-гигиенического мониторинга [2, 4].

Цель исследования – провести гигиеническую оценку качества атмосферного воздуха и определить вклад химических поллютантов на показатели здоровья населения г. Киселёвска.

Материалы и методы. Для оценки качества атмосферного воздуха использованы данные лабораторного контроля, полученные при проведении социально-гигиенического мониторинга на селитебной территории и мониторинга санитарно-защитный зон в г. Киселёвске. Все исследования выполнены аккредитованной лабораторией ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области» с применением стандартных аналитических методов.

Оценка риска выполнена в соответствие с Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [3]. Для анализа впервые выявленной заболеваемости населения г. Киселёвска и Кемеровской области использованы сведения из формы статистического наблюдения № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации» за период 2009–2018 гг. Сведения по смертности населения получены от Кемеровостата – «Демографический ежегодник Кузбасса». Для анализа и статистической обработки информации использовалась программа Статистика 6 и MS Excel.

Результаты. Систематическое наблюдение за уровнем загрязнения атмосферного воздуха в г. Киселёвске проводится на следующие вещества: азота диоксид, взвешенные вещества, серы диоксид, углерода оксид, сажа, фенол и формальдегид.

При гигиенической оценки качества атмосферного воздуха установлено, что удельный вес превышения предельно допустимой концентрации максимально разовой ($ПДК_{мр}$) по взвешенным веществам составил 4,65 %, по углерода оксиду – 4,44 %. Максимальная концентрация превышала $ПДК_{мр}$ по углерода оксиду в 1,67 раза и по взвешенным веществам – в 1,44 раза. Из определяемых веществ средняя концентрация превышала $ПДК_{сс}$ по взвешенным веществам в 1,20 раза.

Неканцерогенный риск хронического ингаляционного воздействия по коэффициенту опасности в г. Киселёвске превышал допустимый уровень по взвешенным веществам – 4,50 раза. Такой уровень неканцерогенного риска свидетельствует о вероятности развития вредных эффектов для здоровья населения. Суммарный неканцерогенный риск составил 6,52 единицы. Основной вклад в суммарный неканцерогенный риск внесли взвешенные вещества – 69,05 % и азота диоксид – 12,10 %. Вклад остальных веществ составил менее 10,0 %.

В условиях комбинированного воздействия суммарный индекс опасности (*THI*) при ингаляционном воздействии химических веществ характеризует риск развития неблагоприятных эффектов со стороны органов дыхания (*THI* = 6,16), возможен рост показателей смертности (*THI* = 4,63), влияние на систему крови (*THI* = 1,15).

Вносили основной вклад в суммарный неканцерогенный риск по влиянию на: органы дыхания – взвешенные вещества (73,04 %) и азота диоксид (12,80 %); роста показателей смертности – взвешенные вещества (97,29 %); на систему крови – азота диоксид (68,87 %) и углерода оксид (31,13 %).

Уровень канцерогенного риска при хроническом ингаляционном воздействии от сажи составил $1{,}0 \cdot 10^{-4}$, формальдегида – $2{,}7 \cdot 10^{-5}$, что соответствует второму диапазону, т.е. приемлемому риску и подлежит постоянному контролю.

Вероятность возникновения злокачественных новообразований у населения исследуемой жилой территории дополнительно к фоновому уровню при пожиз-

ненном воздействии рассматриваемых канцерогенов в имеющихся концентрациях составила 12,23 случая, способных возникнуть на протяжении 70 лет, или 0,17 случая в год.

Для оценки и сравнения показателей смертности проведен расчет стандартизованных показателей на 1000 населения[1]. Анализ полученных данных показал, что в г. Киселёвске уровень общей смертности в течение всего периода 2009–2018 гг. был выше, чем по области в целом (рис. 1). Средний за период показатель города (14,86) статистически значимо превышает аналогичный показатель области (13,27) на 12,0 %. При этом данный показатель смертности населения города занимает 10-е ранговое место среди 34 административных территорий области (от большего к меньшему) и первое место среди городских муниципальных округов. На обеих территориях, в указанный период, смертность населения имела тенденцию к снижению (темп тенденции[2] по городу составил 0,22; по области – 0,23).

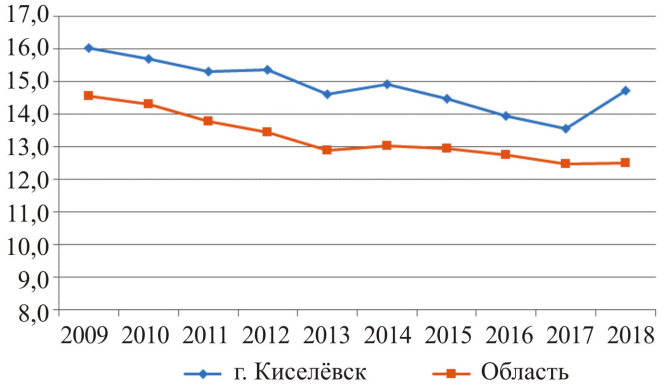


Рис. 1. Стандартизованные показатели общей смертности населения г. Киселёвска и Кемеровской области за 2009–2018 гг. (на 1000 населения)

В структуре причин смертности города и области имеется как сходство, так и существенное различие. Ведущей причиной смерти на обеих территориях в среднем за 2009–2018 гг. были болезни системы кровообращения (соответственно 38,99 и 43,99 %; различие показателей статистически значимо). Однако если на втором месте в целом по области находится смертность от новообразований (15,54 %), то в г. Киселёвске это симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированные в других рубриках (16,58 %). На третьем месте в смертности населения области находились травмы и отравления (12,83 %), а в г. Киселёвске – новообразования (13,41 %). При этом доля новообразований в смертности города статистически значимо ниже, чем по области.

Средний показатель первичной заболеваемости населения г. Киселёвска за период 2009–2018 гг. (860,5 на 1000 населения) не имеет статистически значимого

[1] Стандартизованные показатели позволяют нивелировать существенные различия возрастной структуры населения сравниваемых территорий. За стандарт принята возрастная структура населения Кемеровской области в 1998 г.

[2] Темп тенденции показывает, на какую величину изменялся показатель в среднем за год.

различия с аналогичным показателем области (879,43). Указанный показатель города занял 21-е ранговое место среди 34 административных территорий области (от большего к меньшему) и шестое место среди городских округов.

Средние показатели первичной заболеваемости населения за указанный период по трем классам болезней в г. Киселёвске статистически значимо превышают показатели области: болезни уха – на 42,43 %; врожденные аномалии – в 1,7 раза; травмы и отравления – на 10,22 %. По восьми классам болезней средние за период показатели города статистически значимо ниже областных: болезни крови и кроветворных органов – в 2,7 раза; болезни эндокринной системы – в 1,8 раза; болезни нервной системы – в 1,6 раза; болезни системы кровообращения – на 16,2 %; болезни органов пищеварения – в 1,9 раза; болезни мочеполовой системы – в 1,5 раза; осложнения беременности, родов и послеродового периода – в 1,5 раза.

Средний показатель заболеваемости населения г. Киселёвска злокачественными новообразованиями (ЗНО) за период 2009–2018 гг. (292,07 на 100 тыс. населения) статистически значимо ниже аналогичного показателя области (338,1) на 13,61 %. Указанный показатель города занял 24-е ранговое место среди 34 административных территорий области (от большего к меньшему) и 12-е место среди городских муниципальных округов.

Следует отметить существенные различия динамики заболеваемости ЗНО населения города и области в целом (рис. 2). Если первые пять лет периода (2009–2013 гг.) заболеваемость ЗНО по области в целом имела тенденцию к снижению, то в заболеваемости города отмечалась тенденция к росту. В последующие пять лет (2014–2018 гг.) на фоне плавного роста заболеваемости по области в целом у населения города наблюдались резкие спады и подъемы заболеваемости с пиками роста в 2014 и в 2017 г. При этом каждое резкое снижение происходило до уровня ниже 2009 г.

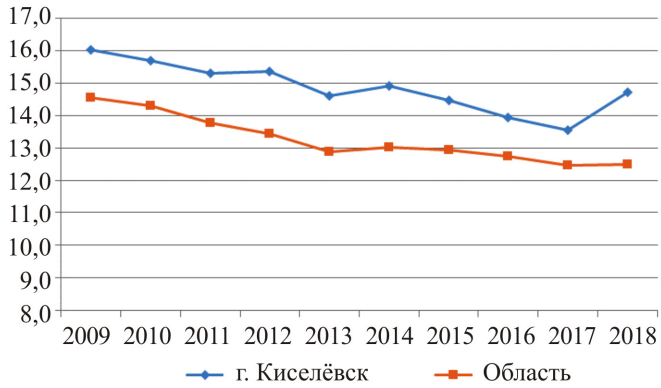


Рис. 2. Динамика показателей заболеваемости ЗНО населения
г. Киселёвска и Кемеровской области за 2009–2018 гг. (на 100 тыс. населения)

Анализ структуры ЗНО по локализациям рака у населения города и области показывает, что единственным отличием является рак кожи, доля которого в заболеваемости города за 10 лет составила 5,9 %, а в заболеваемости области – 12,43 %. Доли остальных ведущих локализаций в указанный период не имеют статистически значимого различия: рак молочной железы (соответственно 12,78 и 11,86 %), рак

трахеи, бронхов, легких (11,32 и 11,86 %), рак ободочной кишки (6,64 и 6,01 %), рак желудка (7,42 и 6,63 %).

По пяти локализациям рака средние за 10 лет показатели заболеваемости у населения города статистически значимо ниже, чем по области в целом: рак кожи – в 2,4 раза; рак кроветворной и лимфатической ткани – на 32,71 %; рак костей и мягких тканей – в 3 раза; рак мочевого пузыря – на 24,86 %; рак прямой кишки – на 14,88 %. По остальным приведенным локализациям рака показатели города и области не имеют статистически значимого различия.

Проведен регрессионный анализ[1] для поиска возможных связей показателей здоровья населения с вредными факторами среды обитания. В качестве факторов среды обитания для расчетов взяты среднегодовые концентрации в атмосферном воздухе г. Киселёвска: диоксида азота, взвешенных веществ, углерода черного (сажи), оксида углерода, диоксида серы. В качестве показателей здоровья взяты показатели, соответствующие органам-мишеням указанных веществ: общая смертность, в том числе смертность от неизвестных причин; заболеваемость – болезнями органов дыхания, болезнями крови и кроветворных органов, болезнями системы кровообращения, болезнями нервной системы, врожденными аномалиями. Расчеты проведены за период 2009–2018 гг.

При проведении расчетов по взаимосвязи каждого фактора среды обитания с каждым показателем здоровья выявлена регрессионная зависимость общей смертности населения от содержания в атмосферном воздухе взвешенных веществ ($p = 0,04$). При этом коэффициент корреляции значений фактора с дисперсией показателей смертности составил 0,66, а коэффициент детерминации (степень зависимости показателя здоровья от значений фактора) составил 43,3 %.

При проведении расчетов по взаимосвязи комплексного воздействия факторов среды обитания на показатели здоровья выявлена регрессионная связь заболеваемости врожденными аномалиями с суммарным воздействием таких факторов, как диоксид азота, углерод черный (сажа), оксид углерода, диоксид серы ($p = 0,02, 0,05, 0,006, 0,008$ соответственно). Коэффициент корреляции суммарного воздействия этих факторов с дисперсией показателя здоровья составил 0,96, а коэффициент детерминации равен 91,6 %. При этом доля вклада составила: диоксид азота – 5,04 %, углерод черный (сажа) – 40,39 %, оксид углерода – 34,15 %, диоксид серы – 8,27 %.

Других связей указанных факторов среды обитания с изучаемыми показателями здоровья населения не выявлено.

Выводы. Результаты проведенных расчетов позволяют высказать предположение о возможном влиянии условий проживания в г. Киселёвске на здоровье населения города. Для выявления влияния конкретных факторов на конкретные показатели здоровья необходимо проведение дополнительных специальных исследований.

Список литературы

1. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных забо-

[1] Регрессионный анализ – это статистический метод исследования влияния одной или нескольких независимых переменных (факторов среды обитания) на зависимую переменную (смертность, заболеваемость). Независимые переменные иначе называют регрессорами – отсюда название метода.

леваний / В.Н. Ракитский, С.Л. Авалиани, С.М. Новиков, Т.А. Шашина, Н.С. Додина, В.А. Кислицин // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 4. – С. 30–36. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.03/03.

2. 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, Ю.С. Чухров, О.П. Власова, Ю.А. Пеганова // Фундаментальная и клиническая медицина. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 57–63.

3. 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.

4. Социально-гигиенический мониторинг и оценка аэрогенного риска для здоровья населения крупного центра металлургии при обосновании санитарно-защитной зоны предприятия / Е.В. Коськина, В.М. Ивойлов, А.П. Михайлуц, Л.А. Глебова, Н.Д. Богомолова, К.Г. Громов, Т.Ю. Грачева // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. – С. 31–32.

5. Air pollution [Электронныйресурс] // World Health Organization. – 2018. – URL: https://www.who.int/newsroom/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health (дата обращения: 24.01.2020).

6. Global Health Observatory – Data repository [Электронный ресурс] // World Health Organization. – 2018. – URL: http://www.who.int/gho/database/en/ (дата обращения: 24.01.2020).

Оценка неблагоприятных неканцерогенных эффектов питьевой воды для здоровья населения Саратовской области

К.А. Савина

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

В данной работе обсуждается актуальность использования нецентрализованных источников водоснабжения ввиду качества питьевой воды. Описаны результаты санитарно-химических анализов 31 водоисточника. На основании этих данных произведена оценка вреда для здоровья от ее употребления в категории индивидуального неканцерогенного направленного риска. Определены приоритетные показатели неприемлемого риска, при этом произведено ранжирование критических органов и систем по доле влияния в обследованных пробах.

Ключевые слова: санитарно-химические исследования, питьевая вода, неканцерогенный риск, неблагоприятные эффекты, источники водоснабжения.

Обеспечение населения качественной питьевой водой в настоящее время является одной из приоритетных государственных задач, направленных на сохранение здоровья и улучшение условий проживания населения. Водный фактор имеет характерные особенности и механизмы многочисленного воздействия на здоровье человека.

Качество воды в Саратовской области в целом является удовлетворительным, но 15 % населения области по данным Роспотребнадзора не получает питьевую воду достаточного качества [2]. Для обоснования локальных планов действий по улучшению качества жизни населения оценка рисков здоровью обеспечивает решение широкого круга задач, в том числе организации систем водоснабжения.

В г.Саратове основная нагрузка на водоснабжение населения приходится на реку Волгу, и инфраструктура города вносит значительный вклад в ее загрязнение [4]. Станции водоподготовки в городе обеспечивают большую часть населения доброкачественной водой, однако в отдаленных частях города и близлежащем Саратовском районе ввиду отсутствия крупных станций водоподготовки используются нецентрализованные источники водоснабжения. Населенные пункты, расположенные в пойме реки Волги обычно используют для хозяйственного водоснабжения колодцы и неглубокие скважины (до 30 м), реже артезианские скважины. Водоносный горизонт имеет пестрый химический состав, по совокупности анионов преобладает гидрокарбонатно-сульфатный, сульфатный, хлоридно-сульфатный подтип вод, по составу катионов воды кальциевые, натрий-кальциевые и магний-кальциевые [1]. На территории правобережья имеют место небольшие отложения железомарганцевых руд, следы тяжелых металлов. В верхних горизонтах грунтовые воды подвержены загрязнению нитратами ввиду развитой сельскохозяйственной деятельности.

Цель работы – оценка влияния загрязнения питьевого водоснабжения на здоровье населения Саратовской области.

Для исследования была выбрана 31 мониторинговая точка, из них три в г. Саратове (водопроводные колонки нецентрализованного водоснабжения) и 20 в Саратовском районе (19 скважин, 9 колодцев). Время мониторинга 2015–2020 гг., для проб, отобранных более одного раза, считалось среднее значение концентраций веществ. Исследования выполнены на базе Саратовского ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» в аккредитованной лаборатории. Отобранные пробы были проанализированы на соответствие гигиеническим нормативам по показателям качества: органолептическим – запах, привкус, цветность, мутность; обобщенным – pH, жесткость общая, общая минерализация; определению ионов солей и металлов – Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, NO_2^-, NH_3, Pb^{2+}, Cd^{2+}, $Fe_{общ}$, $Mn_{общ}$, $Cr_{общ}$, $As_{общ}$, $Si_{общ,}$ Al, F.

Неканцерогенный риск рассчитывали пороговым методом [3], предполагающим, что эффект токсического воздействия вещества на организм появляется только при достижении дозы, называемой референтной *RfD*.

Суммарный индекс *HI* опасности при одновременном поступлении нескольких веществ из воды одним и тем же путем рассчитывался по формуле

$$HI = \sum_i HQ_i, \qquad (1)$$

где HQ_i – коэффициент опасности для отдельного *i*-го загрязняющего компонента в воде, определяющийся согласно соотношению

$$HQ_i = \frac{LADD_i}{RfD_i}, \quad (2)$$

где $LADD_i$ – величина среднесуточной дозы i-го загрязняющего компонента в воде; RfD_i – референтная доза (мг/кг), определяющая воздействие загрязняющего вещества в течение всей жизни, которое не приведет к возникновению неприемлемого риска в организме человека. Согласно руководству Р 2.1.10.1920-04, величина среднесуточной дозы $LADD_i$ (мг/кг·сут) определяется следующим образом:

$$LADD_i = \frac{C_i \cdot CR \cdot ED \cdot EF}{BW \cdot AT \cdot 365}, \quad (3)$$

где C_i – концентрация i-го компонента в воде, CR – скорость поступления потребляемой питьевой воды (2 л/сут[1]), ED – продолжительность воздействия (лет), EF – частота воздействия (дней/год), BW – средняя масса тела (70 кг), AT – период осреднения экспозиции (лет). В работе определяли неблагоприятное воздействие при условиях регулярного поступления веществ в организм в течение всей продолжительности жизни среднестатистического человека.

Если величина $0 < HQ < 0{,}5$, то неканцерогенный риск считается целевым; если HQ $0{,}5 < HQ < 0{,}8$, то неканцерогенный риск считается не вызывающим беспокойства; если $0{,}8 < HQ < 0{,}1$, то неканцерогенный риск является вызывающим беспокойство, $HQ = 1$ – предельно допустимый риск, $HQ > 1$ – опасный риск, при этом вероятность возникновения неблагоприятных эффектов у человека возрастает с увеличением HI.

Расчет коэффициентов опасности производился по веществам, имеющим направленное воздействие на конкретные органы и системы органов человека (таблица).

Из 31 обследованного источника питьевого водоснабжения санитарно-химическим нормам отвечали только семь, среди которых один источник имеет фильтр водоподготовки. Показателями, не отвечающими нормам ПДК, являлись цветность, мутность, жесткость, нитраты, хлориды, сульфаты, железо, фториды, алюминий, марганец, мышьяк. Расхождение результатов нескольких отборов из мониторинговой точки составляло не более 10 %. Наибольшие значения цветности, мутности, марганца, нитратов отмечались в период паводка и осенних дождей. Остальные компоненты не имели сезонной закономерности.

Согласно результатам проведенных расчетов, значения вероятности возникновения неканцерогенных эффектов от группы веществ (HI) питьевой воды варьировались в пределах 0,2–1282, т.е. от целевого до опасного. Определяющий вклад в формирование величины риска вносят показатели мышьяк (один случай), фтор нитраты (семь случаев), железо (один случай) – $HQ > 1$. Причина превышений указанных веществ, за исключением нитратов, геологическая, что подразумевает регулярный характер превышений, обусловливающий повышенную опасность для здоровья населения. В некоторых случаях имеет место острое токсическое воздействие.

Минимальное значение коэффициента опасности отмечалось в воде из скважины после водоподготовки, максимальное значение – в колодце д. Ильмень 50 м глубиной (содержание мышьяка 10,76 мкг/дм^3). Суммарный индекс опасности пре-

[1] Региональный фактор экспозиции до 2,5 л/сут.

вышал единицу в 5 колодцах и 4 скважинах (глубина до 30 м). Еще в 7 скважинах уровень воздействия имел границы $0,8 < HQ < 1$, т.е. вызывающий беспокойство. В скважинах и колодцах глубиной более 80 м коэффициент опасности *HQ* не превышал 0,5, такие же значения наблюдались в водопроводных колонках (6 точек), в остальные 9 точках вероятность развития неблагоприятных направленных эффектов находилась на уровне $0,5 < HQ < 0,8$.

Референтная концентрация веществ, включенных в оценку риска

Вещество (химический элемент) в питьевой воде	Марганец	Нитраты	Кадмий	Никель	Железо	Нитриты	Мышьяк	Алюминий	Хром	Свинец	Фториды
ПДК не более, мг/дм^3	0,1	45,0	0,001	0,02	0,3	3,0	0,01	0,5	0,05	0,01	1,5
RfD при хроническом пероральном воздействии, мг/кг	0,14	1,6	0,0005	0,02	0,3	0,01	0,0003	0,005	0,005	0,0005	0,013
Референтная концентрация[2], мг/дм^3	3,92	44,8	0,014	0,56	8,4	2,8	0,0084	0,14	0,14	0,014	0,364
Критически поражаемые органы и системы органов	ЦНС, кровь	Кровь (ССС[3])	Почки, эндокринная система	Печень, ССС, ЖКТ, кровь, масса тела	Слизистые, кожа, кровь, иммунная система	Кровь (MetHb)	Кожа, ЦНС, ССС, иммунная система, эндокринная система (диабет), ЖКТ	ЦНС	Печень, ЖКТ	ЦНС, кровь, разв. репрод. система), почки	Костная система, рганы дыхания

Результаты расчета суммарного индекса опасности *HI*, а также ранжирование этой величины по органам и тканям позволили определить приоритетные группы органов, на которые направлено токсическое воздействие загрязняющих веществ (рисунок). Для всех исследованных образцов выявлена закономерность: приоритетными органами и системами организма, на которые направлено неканцерогенное действие исследованных веществ в воде, являются кровь и сердечно-сосудистая система. Патологии сердечно-сосудистой системы могут быть обусловлены действием нитратов и их метаболитов, приводящих к формированию метгемаглобина и развитию ишемической болезни сердца. Действие нитратов на ткань печени может приводить к некрозу гепатоцитов, деструкции паренхимы и другим патологическим процессам. Мышьяк является сильнодействующим респираторным токсикантом, разрушающим эритроциты. Желудочно-кишечный тракт также находится в зоне высокой вероятности токсического воздействия, что обусловлено значительной адсорбционной способностью тяжелых металлов по отношению к тканям желудка и кишечника. Почки же являются одним из приоритетных центров воздействия тяжелых металлов. Изменения со стороны эндок-

[2] Или концентрация (*C*), мг/дм^3, вещества, вызывающая индивидуальный неканцерогенный риск предельно допустимого уровня $HQ = 1,0$.

[3] Сердечно-сосудистая система.

ринной системы при употреблении родниковой воды связаны с присутствием солей кадмия, свинца. Повышенное содержание фтора прежде всего способствует флюорозу костной ткани, в частности зубов, при очень высоких концентрациях происходит угнетение ЦНС, дыхательной системы. Воздействие на организм повышенной концентрации железа направленно преимущественно на покровные ткани, вызывая аллергические реакции. При длительном поступлении в организм может способствовать разрушению стенок сосудов.

Путем вычисления и сложения процентов была определена доля риска на конкретные органы и системы (рисунок).

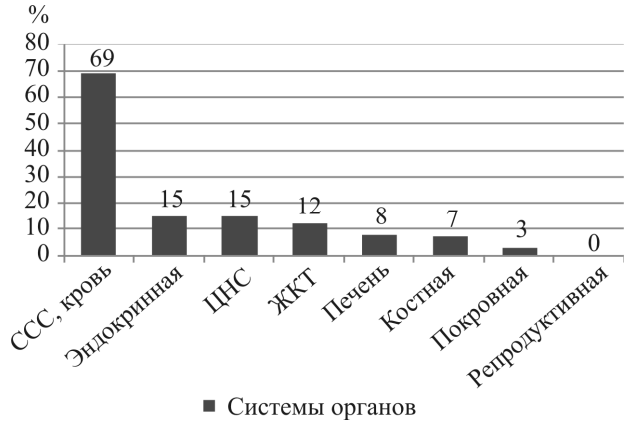


Рис. Распределение (%) токсического воздействия выявленных компонентов в обследованных водоисточниках

Выводы. Уровень индивидуального неканцерогенного риска здоровью населения в 9 источниках (29 %) сигнализировал об опасности, в некоторых случаях вода считалась непригодной для употребления в хозяйственно-питьевых целях.

Наибольший вклад в опасность неканцерогенного воздействия при употреблении питьевой воды из обследованных мониторинговых точек вносят мышьяк, фтор, нитраты и железо. Токсическое неканцерогенное действие воды подземных вод г. Саратова и окрестностей направлено преимущественно на сердечно-сосудистую и дыхательную системы. Вероятность суммарного неканцерогенного риска, обусловленного присутствием NO_3^-, NO_2^-, Fe, Mn, Al, As, Cd_2^+, Ni_2^+, Cr, Pb_2^+, F снижалась с увеличением глубины залегания подземных вод, обеспечивающих подачу воды в источник, что обусловлено высокой проницаемостью водоносных горизонтов и увеличением размывных процессов.

Для прогнозирования картины риска планируется продолжение мониторинга, и сбор информации о состоянии здоровья потребителей воды из исследуемых источников для расчета популяционных рисков.

Список литературы

1. Еремин В.Н., Иванов А.В. Саратов: комплексный геоэкологический анализ. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2003. – 248 с.

2. О питьевом водоснабжении населения области за первое полугодие 2020 года: отчет Роспотребнадзора по Саратовской области [Электронный ресурс] //

Управление Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Саратовской области: официальный сайт. – URL: http://64.rospotrebnadzor.ru/news/-/asset_publisher/W2Dw/content/ (дата обращения: 30.08.2020).

3. 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.

4. Торгашкова О.Н., Воловик Н.С., Опарина А.В. Оценка экологического состояния реки Волги в пределах города Саратова // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2013. – Т. 3, № 6. – С. 983–985.

Анализ содержания тяжелых металлов и мышьяка в почве горнорудных территорий Забайкальского края

Б.В. Нимаева[1], Л.А. Михайлова[1], С.Э. Лапа[2], Н.М. Бурлака[2], М.А. Смолянинова[2]

[1]ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России,
[2]Управление Федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия населения по Забайкальскому краю,
г. Чита, Россия

Интенсивное освоение и переработка минерального сырья на территории Забайкальского края способствовали накоплению большого количества производственных отходов горнорудной промышленности, в которых отмечается высокое содержание токсичных химических элементов, что привело к формированию геохимических аномалий с повышенными концентрациями ряда тяжелых металлов и мышьяка, что представляет потенциальную опасность для здоровья населения региона.

Ключевые слова: геохимические аномалии, тяжелые металлы, мышьяк.

В настоящее время весьма актуальным является изучение закономерностей формирования здоровья населения, оценка происходящих сдвигов и обусловливающих их условий, поэтому анализ данных о распределении показателей заболеваемости внутри страны позволит определить причины формирования региональной патологии, под которой понимают наиболее распространенные на той или иной территории заболевания, связанные с действием неблагоприятных факторов [1].

Для Забайкальского края характерно наличие различных опасных факторов природного и техногенного происхождения. Географически регион расположен в умеренных широтах материка и удален более чем на 1000 км от Тихого океана и около 2000 км от Северного Ледовитого океана. Такое положение в сочетании с горным рельефом местности способствует формированию резко выраженного

континентального климата, характеризующегося отрицательными значениями среднегодовой температуры (–3,1 °С), значительной температурной разницей в зимний и летний периоды (50°–80 °С) и резкими ее колебаниями в течение суток (20 °С и более), относительно небольшим количеством осадков (334 мм в год). В холодное время года край находится под воздействием обширной области Сибирского антициклона, что обусловливает преобладание штилевой или со слабыми ветрами погоды. Антициклональный тип циркуляции воздушных масс является причиной слабой способности почвы и атмосферного воздуха к самоочищению, поэтому регион характеризуется весьма высоким потенциалом загрязнения среды обитания. Для Забайкалья характерна низкая относительная влажность воздуха (30–40 %), что в сочетании с интенсивным испарением с поверхности песчаной почвы и усилением скорости ветра до 18–20 м/с в весенний период являются причиной повышенной естественной запыленности воздушного бассейна.

Состав почв чрезвычайно разнообразен, что обусловлено геологическими, природно-климатическими особенностями, а также выраженным техногенным воздействием, поэтому на территории края сформировались природные и техногенные геохимические провинции, характеризующиеся как дефицитом, так и избытком многих макро- и микроэлементов в почве, воде и растительности. Авторами выделено 14 геохимических провинций с повышенными концентрациями ряда химических элементов – свинцовая, цинковая, медная, мышьяковая, ртутная, молибденовая с золотом, фтористая, борная, титановая, кобальтовая, никелевая, марганцевая, с повышенной радиоактивностью и редкометалльная, причем мозаичность в распределении химических элементов позволила определить 81 биогеохимический район на данных территориях [6].

Восточное Забайкалье является старейшим горнорудным регионом страны, где на протяжении более трехсот лет ведется разработка и добыча полезных ископаемых, впервые в России в крае были добыты серебро, цинк, свинец, олово, флюорит, молибден, вольфрам. Добыча природных минеральных ресурсов негативно влияет на состояние окружающей среды, приводя к образованию горнопромышленных ландшафтов, в пределах которых возникают геохимические аномалии, оказывающие отрицательное воздействие на здоровье населения. Особую экологическую опасность представляют территории старых отработанных рудников в связи с тем, что после прекращения добычи и закрытия горнодобывающих предприятий не проводятся природоохранные мероприятия, что способствует поступлению в объекты внешней среды большого количества химических соединений, в том числе тяжелых металлов и мышьяка. На территориях вблизи заброшенных рудников находятся горные выработки, отвалы пород, хвостохранилища, которые в связи с выраженными процессами миграции поллютантов представляют серьезную опасность для здоровья жителей населенных пунктов, расположенных вблизи них [2, 3].

В настоящее время необходимость ликвидации накопленного вреда окружающей среде отражена в федеральном законе № 7 – ФЗ: «Накопленный вред окружающей среде – вред окружающей среде, возникший в результате прошлой экономической и иной деятельности, обязанности по устранению которого не были выполнены либо были выполнены не в полном объеме». По оценке Министерства природных ресурсов и экологии РФ, наиболее проблемными регионами страны по направлению «Экологическая реабилитация территорий, подверженных негативному воздействию объектов накопленного экологического ущерба в результате

прошлой хозяйственной деятельности добывающей и горно-обогатительной промышленности» являются Забайкальский край, Республика Саха (Якутия), Кемеровская и Свердловская области. Деятельность горнорудных предприятий и неблагоприятная природная геохимическая обстановка привели к возникновению в регионе критической эколого-гигиенической ситуации, необходимость анализа и оценка риска для здоровья населения которой является весьма актуальной [4, 5].

По данным регионального информационного фонда СГМ к числу приоритетных веществ, определяющих качество почвы горнорудных территорий края, отнесены медь, свинец, цинк, мышьяк, никель. Анализ динамики распределения доли не соответствующих нормативам проб почвы в разрезе контролируемых химических веществ показывает, что лидирующими по величине регистрируемого несоответствия гигиеническим нормативам являются мышьяк, цинк, свинец (таблица).

Функционирование на протяжении более полувека Хапчерангинского горно-обогатительного комбината по переработке оловополиметаллических руд привело к формированию значительной массы отходов производства (6,2 млн тонн), складированных в хвостохранилище площадью 56,7 га, расположенного в селитебной зоне с. Хапчеранга Кыринского района.

В результате изучения геохимической ситуации было установлено, что данный объект является источником загрязнения окружающей среды свинцом, кадмием, цинком, мышьяком.

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почве горнорудных территорий Забайкальского края за 2012–2018 гг., мг/кг (*Me* (*max–min*))

Населенный пункт	Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Мышьяк
Хапчеранга	43,7 (103,3–519,0)	1,14 (0,0–12,0)	121,5 (414,9–1306,9)	5,6 (0,0–123,7)	12,3 (0,08–385,4)
Калангуй	19,38 (0,0–71,47)	0,39 (0,0–,24)	78,28 (0,0– 227,0)	6,60 (0,0–49,4)	7,35 (2,8–35,2)
Вершино-Дарасунский	15,14 (1,7–8,6)	0,13 (0,0–1,9)	19,7 (0,0–68,0)	9,93 (0,1–28,4)	0,5 (0,0–38,6)
Вершино-Шахтаминский	57,74 (0,03–1500,0)	0,86 (0,0–8,6)	15,60 (0,01–54,3)	8,60 (0,0–32,4)	2,25 (0,0–40,7)
Шерловая Гора	16,1 (0,0–259,8)	0,13 (0,0–3,1)	24,5 (0,0–178,0)	8,08 (0,0–100,7)	1,3 (0,0–122,0)

Примечание: *Me* – медиана; *max* – максимальное значение в выборке; *min* – минимальное значение в выборке.

По каждому химическому показателю регистрировались пробы, не соответствующие гигиеническим нормативам, в том числе удельный вес проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию мышьяка, составил 80,0 %, цинка – 72,0 %, свинца – 53,0 %, кадмия – 34,0 %. Медианное и максимальное значение мышьяка и цинка значительно превышают ПДК и составляют для мышьяка 12,3 мг/кг (6,1 ПДК) и 385,4 мг/кг (192,7 ПДК), цинка – 121,5 мг/кг (2,2 ПДК) и 1306,9 мг/кг (23,8 ПДК).

Вблизи пгт. Калангуй Оловяннинского района находится хвостохранилище Калангуйского плавикошпатового комбината общей площадью 27,3 га, где складировано 3,6 млн тонн отходов производства. Удельный вес неудовлетворительных проб по содержанию мышьяка составил 100 %, цинка – 55,0 %, меди – 10,0 %.

Медианная концентрация мышьяка и цинка составила 7,35 мг/кг и 78,28 мг/кг, что в 3,71 и 1,42 раза соответственно превышает допустимые значения, максимальная концентрация характеризуется превышением ПДК для мышьяка в 17,6 раза, цинка – в 4,1.

В непосредственной близости от селитебной зоны с. Вершино-Шахтаминский Шелопугинского района расположено хвостохранилище, образовавшееся в результате разработки молибденового месторождения площадью 16,0 га и объемом 4,5 млн тонн отходов. Из числа исследуемых показателей максимальная концентрация мышьяка выше ПДК в 20,0 раза, свинца – в 46,9 раза, кадмия – в 17,2 раза, при незначительном превышении медианных значений.

При добыче оловополиметаллической руды вблизи пгт. Шерловая Гора Борзинского района сформировалось хвостохранилище объемом отходов флотационного процесса обогащения руд 24,3 млн тонн, отвалов бедных руд и вскрышных пород – 10,2 и 191,7 млн тонн соответственно, площадь хвостохранилища составляет 80,0 га, отвалов вскрышных пород и бедных руд – 210,0 и 53,0 га соответственно. Медианные значения исследуемых ксенобиотиков соответствуют допустимым значениям, для максимальных показателей характерно значительное превышение содержания свинца (8,09 ПДК) и мышьяка (61 ПДК).

В пгт. Вершино-Дарасунский Тунгокоченского района находятся два хвостохранилища, образовавшиеся в результате разработки Дарасунского золоторудного месторождения, где на площади 80,0 га складировано 6,45 млн тонн отходов. Удельный вес проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию мышьяка, составил 26,67 %, причем при наличии несоответствующих проб, медианный уровень содержания токсиканта не превышает ПДК и составляет 0,5 мг/кг, максимальная концентрация – выше допустимых значений в 19,3 раза (38,6 мг/кг).

Таким образом, анализ качества почвы населенных пунктов, расположенных на территориях, где на протяжении длительного времени проводилась добыча и переработка полезных ископаемых, позволил установить, что приоритетными загрязнителями являются мышьяк, свинец и цинк. Накопление данных токсикантов обусловлено тем, что добыча полезных ископаемых сопровождается выемкой и перераспределением больших масс вскрышных пород, что приводит к образованию техногенных ландшафтов и модифицирует многофакторные геотехногенные процессы, вызывающие интенсивную миграцию и перераспределение токсичных химических элементов в объектах окружающей среды. Проведенная оценка обосновывает необходимость проведения углубленных медико-биологических исследований, которые позволят выявить нарушения в состоянии здоровья, связанные с неблагоприятной геохимической ситуацией и предложить управленческие решения, направленные на улучшение качества жизни населения региона.

Список литературы

1. Агаджанян Н.А. Скальный А.В., Детков В.Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации // Экология человека. – 2013. – № 11. – С. 3–12.

2. Белозерцева И.А., Гранина Н.И. Воздействие разведки, добычи и переработки полезных ископаемых на почвы Сибири // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 10. – С. 238–242.

3. Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья: история, современное состояние, проблемы, перспективы развития. К 300-летию основания Приказа рудокопных дел / Г.А. Юргенсон, В.М. Асосков, Н.Н. Чабан, В.С. Чечеткин, Н.Г. Григорьев, Т.А. Константинова. – Новосибирск: Наука, 1999. – 579 с.

4. Ликвидация накопленного экологического ущерба на 2014–2025 годы: федеральная целевая программа [Электронный ресурс]. – URL: http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/2015/03/ФЦП-Ликвидация-накопленного-экологического-ущерба-на-2014–2025.pdf (дата обращения: 22.06.2020).

5. Об охране окружающей среды: Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. (с изменениями, вступившими в силу 01.01.2017 г.) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc _LAW_34823/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/ (дата обращения: 22.06.2020).

6. Селен в жизни человека и животных / ред. Л.П. Никитиной, В.Н. Иванова. – М.: ВИНИТИ, 1995. – 242 с.

Оценка гигиенических условий питьевого водопользования засушливых территорий в Саратовской области

Ю.А. Панкратова, М.Н. Конькова, В.А. Чекмизов

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

Приведены основные факторы, влияющие на формирование гигиенических параметров питьевой воды засушливых территорий, различных по уровню водообеспеченности. Представлены результаты оценки условий водопользования и качества питьевой воды аридных зон Саратовской области в весенний и летний сезоны. На гигиеническое качество воды малых рек оказывают влияние предприятия агропромышленного комплекса, использующие их в качестве источников водоснабжения. Наибольший вклад в изменение санитарного состояния данных водных источников оказывают водоохранные мероприятия, совершенствование системы водоочистки и водоподготовки. Приоритетным фактором остается осуществление социально-гигиенического мониторинга условий водопользования сельских населенных мест.

Ключевые слова: поверхностные воды, гигиеническая безопасность, засушливые территории.

Вода является одним из самых важных ресурсов, используемым человеком. Недостаток питьевой воды, а также ее низкое гигиеническое качество снижают уровень комфортности проживания населения, повышают вероятность возникновения заболеваний, связанных с водным фактором. Качество питьевой воды, по дан-

ным Всемирной организации здравоохранения, является вторым после бедности населения фактором риска, нарушающим состояние здоровья человека. Среди болезней с водным путем передачи, наиболее опасными являются вирусные и инфекционные заболевания [7].

Многочисленными исследованиями установлено, что среди причин, влияющих на здоровье населения, существенную роль играет гигиеническое состояние питьевой воды [1, 3, 4, 8].

По данным Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга (ФИФ СГМ), в 2019 г. приоритетными веществами, превышающими 26 гигиенических нормативов питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, являлись: железо, марганец, нитраты, нитриты и аммонийный азот, а также бор, кремний, фтор, йод, хлориды и сульфаты, а также эндемические загрязнители – соли переходных металлов [3]. Состояние водоснабжения Саратовской области отражает общие закономерности развития водообеспечения Нижнего Поволжья.

В Заволжье пресные подземные воды находятся в основном в северной частях области, в зоне влияния Волгоградского водохранилища. В связи с этим население большинства левобережных районов вынуждено употреблять для хозяйственно-питьевых нужд солоноватую воду подземных источников, а также воду открытых водоемов, малых рек, оросительно-обводнительных систем, водохранилищ [2].

Необходимо отметить, что превышение среднеобластных результатов качества питьевой воды по микробиологическим и санитарно-химическим показателям зарегистрировано в основном на аридных территориях Заволжья. Это – Советский, Федоровский, Дергачевский, Пугачевский, Краснокутский, Федоровский, Ершовский и другие районы Саратовской области. Доля населения, обеспеченного питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности, в районах Заволжья в 2019 г. колебалась от 8,6 % в Духовницком районе до 36,9 % – в Федоровском районе. По данным Управления Роспотребнадзора по Саратовской области в 2019 г. в области эксплуатировалось 2040 источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, из них 1811 подземных и 229 поверхностных. По санитарно-химическим показателям доля нестандартных проб составила 28,6 % (в 2014 г. – 28,8 %, в 2013 г. – 25,2 %), по микробиологическим показателям – 3,5 % (в 2014 г. – 3,9 %, в 2013 г. – 5,0 %). В целом по Саратовской области не соответствовало санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам 39,3 % поверхностных источников питьевого водоснабжения (в 2013, 2014 гг. – 39,3 %) и 16,7 % подземных (в 2014 г. – 16,9 %; в 2013 г. – 17,2 %) [5].

Так же, как и по другим территориям РФ, в Саратовской области основной причиной несоответствия источников водоснабжения питьевого назначения требованиям санитарного законодательства являлось отсутствие санитарно-защитных зон. Доля поверхностных источников, на которых выявлены нарушения в организации зон санитарной охраны, составила 38,4 % (по РФ – 28,7 %), подземных – 8,5 % (по РФ – 11,5 %).

Приоритетными загрязнителями источников водоснабжения в Нижнем Поволжье являются сточные воды животноводческих ферм и птицефабрик, хозяйственно-бытовые стоки, содержащие азотистые соединения, СПАВ и нефтепродукты. Загрязнение нефтепродуктами обусловлено проездом автотранспорта вброд и по земляным плотинам, эксплуатацией насосных станций полей орошения и садоводче-

ских кооперативов. Реальную опасность для формирования качества воды представляет выпас скота в прибрежной зоне малых рек. Широко распространено строительство лагерей крупного рогатого скота в пределах водоохраной зоны. Учитывая, что количество таких летних ферм в прибрежной зоне велико, масштабы загрязнения малых рек отходами животноводства приобретают неконтролируемый характер [6].

Целью работы являлась гигиеническая оценка питьевого водоснабжения засушливых зон левобережных районов.

Материалы и методы. В работе применялись общепринятые в гигиенической практике методы исследований качества питьевой воды.

Результаты. В процессе реализации программ по социальному развитию территорий аридных зон и определения основных направлений в улучшении их водоснабжения важную роль играет оценка условий водопользования и качества потребляемой воды.

На протяжении последних 20 лет лабораторией санитарно-химического анализа Саратовского медицинского научного центра гигиены проводится гигиенический мониторинг качества поверхностных водоисточников малых рек. Отмечается тенденция к возрастанию общей минерализации (сухого остатка) на протяжении всего периода наблюдений. Результаты исследования воды рек Нахой, Ерсулан и Б. Карман позволяют сделать вывод о том, что они испытывают неблагоприятное воздействие – прежде всего со стороны сельских населенных пунктов, расположенных в береговой зоне. Ухудшение качества воды также связано с расположением в береговой зоне лагерей летнего выпаса скота.

Проведенными исследованиями качества воды исследуемых рек в весенний и летний периоды было установлено их существенное различие, прежде всего в отношении органолептических показателей. Так, если в летний сезон запах в воде либо отсутствовал, либо не превышал одного балла, то в период весеннего половодья запах в воде достигал 3 баллов. Показатель перманганатной окисляемости, а также наличие всех форм азотистых соединений в воде свидетельствуют о загрязнении воды органическими веществами и снижении интенсивности протекания процессов самоочищения. Для паводкового периода были характерны повышенные значения мутности и цветности воды. Величина мутности достигала 57,6 ± 11,5 мг/дм³, а цветности – 58,6 ± 5,9 градусов. Это свидетельствовало о наличии постоянного источника органического загрязнения воды. Активная реакция воды (pH) находилась в пределах 7,8–8,9. Содержание сухого остатка, сульфатов и хлоридов, а также величина общей жесткости на протяжении рек не превышали значений, предусмотренных гигиеническими регламентами.

Результаты исследований воды контролируемых рек на содержание соединений азота показали, что содержание азота аммиака колебалось в пределах 0,2–1,2 мг/дм³. Азот нитритов обнаруживался в малых количествах, изменяясь в интервале концентраций от 0,02 до 0,07 мг/дм³. Содержание нитратов было в пределах 0,9–21,1 мг/дм³. Наибольшие концентрации нитратов обнаруживались в летний сезон (таблица). Присутствие в воде реки Б. Караман, так же, как и в реке Нахой, значительных концентраций аммиака (до 1,2 мг/дм³), а также всех форм азота позволило сделать заключение о незаконченности процессов самоочищения в водоеме, а также о свежем загрязнении реки органическими соединениями. Исследование образцов воды на присутствие тяжелых металлов показало, что содержание меди никеля, кадмия, свинца, хрома, мышьяка находится в пределах гигиенических нормативов. Это свидетельствует об

отсутствии техногенных источников, обусловливающих состав природных вод, а также об отсутствии подстилающего водного горизонта, способного к обмену катионов тяжелых металлов.

Результаты санитарно-химического исследования малых рек Саратовской области на присутствие тяжелых металлов (пробоотбор 10.08.2020)

№ п/п	Определяемая характеристика (показатель)	Результат исследований	Единица измерения	Гигиенический норматив, ПДК	НД на методы исследований
1	2	3	4	5	6
река Нахой					
1	Медь	<1,00*	мкг/дм^3	1000 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
2	Никель	19,54 ± 4,35	мкг/дм^3	20 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
3	Кадмий	0,15 ± 0,06	мкг/дм^3	1 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
4	Свинец	<2,00*	мкг/дм^3	10 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
5	Хром	<1,00*	мкг/дм^3	50 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
6	Мышьяк	8,57 ± 2,70	мкг/дм^3	10 мкг/дм^3	РД 52.24.526-2012
река Б. Караман					
1	2	3	4	5	6
1	Медь	1,16 ± 0,42	мкг/дм^3	1000 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
2	Никель	10,53 ± 3,26	мкг/дм^3	20 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
3	Кадмий	<0,10*	мкг/дм^3	1 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
4	Свинец	<2,00*	мкг/дм^3	10 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
5	Хром	<1,00*	мкг/дм^3	50 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
6	Мышьяк	4,20 ± 1,70	мкг/дм^3	10 мкг/дм^3	РД 52.24.526-2012
река Еруслан					
1	2	3	4	5	6
1	Медь	<1,00*	мкг/дм^3	1000 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
2	Никель	6,27 ± 2,75	мкг/дм^3	20 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
3	Кадмий	<0,10*	мкг/дм^3	1 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
4	Свинец	<2,00*	мкг/дм^3	10 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
5	Хром	<1,00*	мкг/дм^3	50 мкг/дм^3	РД 52.24.377-2008
6	Мышьяк	5,20 ± 1,70	мкг/дм^3	10 мкг/дм^3	РД 52.24.526-2012

Примечание: * – содержание менее предела обнаружения методики.

Выводы. Таким образом, вода малых рек засушливых территорий Саратовской области относится ко 2-му классу и требует проведения дополнительных мероприятий по повышению уровня гигиенической безопасности. Основным фактором загрязнения является агропромышленный комплекс, деятельность которого приводит к увеличению биогенного азота в водах малых рек и их эвтрофикации.

Список литературы

1. Демин А.М., Макарцева Л.В., Уставщикова С.В. География Саратовской области. – Саратов: Лицей, 2005. – 336 с.

2. Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и / или опустынивание, особенно в Африке. – Женева, 1995. – 78 с.

3. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 году: Государственный доклад по Саратовской области. – Саратов, 2016. – 281 с.

4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2016. – 200 с.

5. Онищенко Г.Г. Актуальные задачи гигиенической науки и практики в сохранении здоровья населения // Гигиена и санитария. – 2015. – № 3. – С. 5–9.

6. Орлов А.А., Спирин В.А., Мосияш С.А. Эколого-гигиенические вопросы обеспечения сельского населения питьевой водой. – Саратов: Буква, 2015. – 148 с.

7. Рахманин Ю.А., Румянцев Г.И., Новиков С.М. Методологические проблемы диагностики и профилактики заболеваний, связанных с воздействием факторов окружающей среды // Гигиена и санитария. – 2001. – № 5. – С. 3–7.

8. Эльпинер Л.И. Медико-экологические аспекты кризиса питьевого водоснабжения // Гигиена и санитария. – 2013. – № 6. – С. 38–44.

Мероприятия по снижению риска развития тяжелых форм заболеваний органов дыхания от загрязнения атмосферного воздуха у трудоспособного населения

Э.Ф. Кабирова, А.И. Борисова, Е.Р. Абдрахманова, Л.М. Масягутова, Э.Р. Шайхлисламова, А.Б. Бакиров

ФБУН «Уфимский научно исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

Представлен комплекс мероприятий по снижению риска развития тяжелых форм заболеваний органов дыхания, ассоциированных с загрязнением атмосферного воздуха, с позиции использования данных социально-гигиенического мониторинга, включающего организационно-технические, санитарно-гигиенические и медико-профилактические мероприятия.

Ключевые слова: атмосферный воздух, предельно допустимая концентрация, заболевания органов дыхания, профилактика.

Стандартизованная смертность населения России от болезней органов дыхания, имея устойчивую связь с загрязнением атмосферного воздуха окислами азота, взвешенными веществами, формальдегидом, аммиаком, гидроксибензолом и его производными, дигидросульфидом, хлором, в 2018 г. снизилась на 19,2 % по сравнению с предыдущими годами и формирует от 0,02 до 6,6 дополнительного случая смерти по данной причине на 100 тыс. населения [1–7, 9].

Профессиональные респираторные заболевания характеризуются высокой распространенностью и занимают ведущее место в структуре профессиональной заболеваемости [10]. По данным профпатологического центра Республики Башкор-

тостан профессиональные заболевания органов дыхания установлены работникам различных профессиональных групп и связаны, как правило, с длительным контактом с промышленными аэрозолями (средний стаж 22,65 + 0,54 г.). Заболевания органов дыхания от воздействия аэрозолей сложного химического состава, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК), преимущественно диагностированы у работников обрабатывающих отраслей экономики (65,6 %), предприятий добычи полезных ископаемых (29,8 %) и строительной отрасли (4,5 %).

В соответствии с Государственными докладами «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации» гигиенические показатели качества атмосферного воздуха населенных мест за 2017–2019 гг. стабильны и не превышают 1,5 %.

За последние три года отмечается превышение в атмосферном воздухе среднесуточных нормативов содержания азота диоксида, бенз(а)пирена, взвешенных веществ, хлористого водорода, сероводорода, метанола, серы диоксида, углерода оксида. Приоритетными веществами, формирующими загрязнение атмосферного воздуха городских территорий Российской Федерации (РФ), являлись бенз(а)пирен, тяжелые металлы, фтористый водород, сероводород, фенол и взвешенные вещества; сельских – амины (алифатические и ароматические), хлористый водород, фтористый водород, аммиак, фенол и углерода оксид [7–8].

По данным контролирующих организаций, атмосферный воздух городских поселений наиболее загрязнен вблизи автомагистралей в зоне жилой застройки (1,0 % проб с превышениями ПДК) и в зоне расположения стационарных постов наблюдения (0,87 % проб с превышением гигиенических нормативов).

Заболеваемость всего населения болезнями органов дыхания ассоциирована с загрязнением атмосферного воздуха окислами азота, формальдегидом, бенз(а)пиреном, гидроксибензолом и его производными, аммиаком, хлором, дигидросульфидом в 41 субъекте РФ. При этом загрязнение атмосферного воздуха вероятностно формирует от 3,02 до 11 863,7 дополнительного случая заболеваемости болезнями органов дыхания на 100 тыс. населения.

Загрязнение атмосферного воздуха формирует от 1,29 до 106,4 дополнительного случая заболеваемости астмой и астматическим статусом на 100 тыс. взрослого населения.

По РФ число дополнительных случаев заболеваемости болезнями органов дыхания, связанных с загрязнением атмосферного воздуха селитебных территорий, вероятностно составило в 2018 г. 350,6 дополнительного случая на 100 тыс. всего населения.

Доля ассоциированных с загрязнением атмосферного воздуха болезней органов дыхания составляет порядка 587,9 дополнительного случая на 100 тыс. всего населения, или около 0,8 % от всей первичной заболеваемости. Наибольший вклад в формирование дополнительных случаев заболеваемости, ассоциированной с качеством атмосферного воздуха, вносит превышение гигиенических нормативов по окислам азота, бенз(а)пирену, формальдегиду, гидроксибензолу и его производным, аммиаку, хлору, дигидросульфиду.

Для профилактики развития тяжелых форм заболеваний органов дыхания от воздействия загрязнителей атмосферного воздуха нами разработан алгоритм реализации данных социально-гигиенического мониторинга (СГМ).

На первом этапе формируются базы данных на основе:

а) постоянных лабораторных исследований в контрольных точках качества атмосферного воздуха;

б) периодического анализа данных Роспотребнадзора по показателям здоровья населения, проживающего в зоне воздействия приоритетных загрязнителей (на уровне района и города);

в) опроса населения с целью получения субъективной оценки влияния экологии на здоровье (жалобы).

Указанная информация накапливается в виде баз данных в формате стандартных программных комплексов, позволяющих проводить заданную выборку.

На втором этапе проводится аналитическая работа с использованием геоинформационных систем, что позволит:

– определить величину экспозиционных нагрузок для населения, проживающего в условиях воздействия приоритетных загрязнителей;

– обосновать выбор приоритетных факторов, оказывающих вредное воздействие на территории исследуемого населенного пункта.

В современных условиях административной реформы организация СГМ на территории России требует принципиально нового подхода к структурам производства данных о состоянии здоровья населения и среде его обитания. Такой подход обеспечивается использованием компьютерных информационных технологий.

Наиболее полно данным требованиям соответствуют географические информационные системы (ГИС), являющиеся одним из самых наукоемких и перспективных средств управления как на государственном, так и на региональном и местном уровнях. Функциональные возможности ГИС позволяют объединять и отображать информационную часть практически любого размера на едином картографическом пространстве.

Средствами ГИС информационная нагрузка интегрируется с картографической частью в единое информационное пространство, где происходит дальнейший анализ измерений с целью выявления критических значений и построение тематических диаграмм и графиков.

Третьим этапом будет являться оценка риска для здоровья населения от химического воздействия [3] и разработка мероприятий по снижению риска развития болезней органов дыхания тяжелой степени.

Социально-гигиенический мониторинг, реализуемый Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, является уникальной межведомственной государственной системой сбора и анализа разнородных медико-демографических, эпидемиологических, эколого-гигиенических и социально-экономических данных. На данный момент в Федеральном информационном фонде СГМ накоплено более 65 млн единиц информации о показателях СГМ регионов за многолетний период.

Использование данных СГМ с целью снижения риска развития тяжелых болезней органов дыхания у лиц, проживающих в зоне воздействия вредных производственных факторов, может применяться для разработки системы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-профилактических мероприятий.

Технологические мероприятия направлены на снижение воздействия веществ в воздухе рабочей зоны на органы дыхания. Целью контроля уровней воздействия других факторов производственной среды, обусловливающих нарушения иммунологической реактивности и увеличивающих риск развития болезней органов дыхания, в том числе совершенствования технологического процесса и оборудования, является достижение допустимых гигиенических параметров вредных факторов на рабочих местах (шума, вибрации, микроклимата и др.).

Комплекс санитарно-гигиенических профилактических мероприятий включает:

- совершенствование систем воздухообмена в производственных помещениях;
- соблюдение технологических режимов работы промышленных предприятий;
- контроль воздушной среды производственных помещений по содержанию химических веществ и аэрозолей;
- обеспечение работников полноценными современными комплектами спецодежды;
- обеспечение средствами индивидуальной защиты (СИЗ) органов дыхания при работе с воздействием химических веществ и аэрозолей. Необходим контроль со стороны служб охраны труда и администрации предприятий за использованием только сертифицированных СИЗ, а также за их применением работниками;
- оптимизацию режимов труда и отдыха работников;
- разработку и внедрение корпоративных программ по формированию установок на здоровый образ жизни и здоровьесберегающее поведение на работе, включая спортивные и культурно-массовые, антиникотиновые, антиалкогольные и другие мероприятия;
- обучение персонала, информирование о риске здоровью, возможных последствиях и мерах защиты.

Основой комплекса медико-профилактических мероприятий является качественное медицинское наблюдение за здоровьем работников промышленных предприятий, алгоритм которого основан на этапности и регламентированном объеме медицинского обследования согласно Приказу № 302 н Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 (ред. от 18.05.2020) «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда».

Последовательность основных этапов профилактических мероприятий по сохранению здоровья работников включает:

- гигиенический мониторинг с формированием и ведением индивидуальных баз данных (профессия, профессиональный маршрут, пол, возраст, стаж работы в условиях воздействия вредных факторов, уровни воздействия вредных факторов на рабочем месте);
- сбор анамнеза и изучение данных амбулаторной карты. Выявление косвенных признаков формирования заболеваний органов дыхания (частота и длительность респираторных заболеваний, наличие и распространенность аллергических состояний и др.);
- периодический медицинский осмотр в соответствии с действующими нормативными документами;
- разработку групповых и индивидуальных рекомендаций по оздоровлению и обучение принципам и навыкам здорового образа жизни.

Особое внимание необходимо обратить на диагностику хронических болезней органов дыхания. Для раннего выявления тяжелых форм болезней органов дыхания предлагается алгоритм, предполагающий дифференциацию различного подхода для населения, проживающего в зоне влияния промышленных предприятий

и работающих во вредном производстве в контакте с химическими веществами и аэрозолей в воздухе рабочей зоны.

Согласно приказу Министерства здравоохранения РФ от 13.03.2019 № 124н «Об утверждении порядка проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации определенных групп взрослого населения» для лиц, проживающих по данным СГМ в зоне влияния аэрополлютантов, могут быть рекомендованы следующие мероприятия, согласно предложенной градации риска.

На первом этапе профилактического медицинского осмотра, кроме обязательных мероприятий, врачом проводится сбор респираторных симптомов, выявление хронических болезней органов дыхания и частых (два в год и более) обострений данных заболеваний. Согласно приказу № 124н проведение осмотра возможно фельдшером, но считаем, что лиц, проживающих в зоне влияния промышленных предприятий, должен осматривать врач с целью назначения им необходимых профилактических рекомендаций.

На втором этапе диспансеризации при наличии среднего и высокого риска, рекомендуется дополнительный объем исследований: спирометрия, рентгенография, по показаниям компьютерная томография органов грудной клетки. Лицам, имеющим средний риск, необходимо провести дополнительные лабораторно-инструментальные исследований и выдать рекомендации по профилактике обострений. Лица, имеющие высокий риск развития органов дыхания, направляются для обследования и лечения к пульмонологу, при наличии показаний – к аллергологу, онкологу.

Медицинское наблюдение и ранняя диагностика случаев заболеваний у работников при проведении периодических медицинских осмотров является эффективным методом вторичной профилактики.

В условиях проведения периодического медицинского осмотра лиц, работающих во вредных и (или) опасных условиях труда, нами разработан алгоритм формирования групп риска развития тяжелых форм болезней органов дыхания, включающий проведение градации по наличию респираторных симптомов и стажу работы в контакте с химическими веществами и промышленными аэрозолями.

Для лиц с низким риском в план профилактических мероприятий включены проведение обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров, неспецифические профилактические мероприятия; средним риском – мероприятия по снижению класса условий труда, проведение обязательных медицинских осмотров согласно приказу № 302н, рассмотрение вопроса о продолжении контакта с производственным фактором, неспецифические и специфические медицинские мероприятия (консультация пульмонолога); высоким и очень высоким риском – медицинский осмотр в Центре профпатологии для решения вопроса связи заболевания с профессией, отстранения от контакта с воздействием производственных факторов, а также мероприятия по снижению класса условий труда, проведение обязательных медицинских осмотров по приказу № 302н, обследование и лечение у пульмонолога, при наличии показаний – у аллерголога, онколога.

Медико-профилактические мероприятия:

I. Для надзорных органов:

1. Оценка влияния приоритетных загрязнителей на здоровье трудоспособного населения, организованная по принципу повторяющихся циклов сбора, анализа, прогноза, расчетов и классификации уровней рисков.

2. Укрепление активизации межведомственных взаимодействий для улучшения показателей качества жизни населения.

3. Разработка рекомендаций для принятия управленческий решений для органов исполнительной власти и местного самоуправления.

4. Активное информирование надзорной деятельности в регионах (на территориях) с высоким уровнем заболеваемости патологией органов дыхания.

5. Информирование и гигиеническое просвещение в рамках корпоративных мероприятий, направленных на увеличение приверженности здоровому образу жизни трудоспособного населения (физическая активность, соблюдение сбалансированного питания, отказ от вредных привычек, своевременная вакцинация).

II. Для органов здравоохранения:

1. Определение сроков динамического наблюдения больных с заболеваниями органов дыхания.

2. Формирование групп контингентов по заболеваниям органов дыхания.

3. Определение частоты проведения диспансеризации населения, проживающего в районах с высоким уровнем заболеваемости патологией органов дыхания.

4. Определение сроков динамического наблюдения, индивидуальная разработка профилактических мероприятий для часто и длительно болеющих.

5. Разработка комплексных программ по снижению уровня заболеваемости патологией органов дыхания.

6. Качественное проведение предварительных и периодических медицинских осмотров согласно приказу № 302н.

Таким образом, качество атмосферного воздуха оказывает влияние на формирование болезней органов дыхания. Снижение риска воздействия промышленных аэрозолей может быть достигнуто проведением технологических, санитарно-технических, санитарно-гигиенических и медицинских мероприятий.

Список литературы

1. Злокачественные новообразования в России в 2014 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. – М., 2016. – 250 с.

2. Критерии оценки риска для здоровья населения приоритетных химических веществ, загрязняющих окружающую среду: методические рекомендации (МосМР 2.1.9.004-03) [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/3715847 (дата обращения: 11.08.2020).

3. Многоликая бронхиальная астма, диагностика, лечение и профилактика / под ред. Г.Б. Федосеева, В.И. Трофимова, М.А. Петровой. – СПб.: Нордмедиздат, 2011. – 344 с.

4. О роли загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами в патогенезе хронических заболеваний легких / А.Ф. Колпакова, Р.Н. Шарипов, Ф.А. Колпаков // Пульмонология. – 2017. – Т. 27 (3). – С. 404–409.

5. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека, 2018. – 268 с.

6. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека, 2019. – 254 с.

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

8. Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда: Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 № 302н (ред. от 18.05.2020) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_120902/ (дата обращения: 11.08.2020).

9. Формирование групп риска развития профессиональных заболеваний в ходе предварительных и периодических медицинских осмотров для проведения восстановительных мероприятий / А.Ю. Бушманов, А.С. Кретов, О.А. Касымова [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2014. – Т. 10 (4). –С. 754–758.

10. Social, environmental, and hereditary factors in the formation of bronchial asthma: monograph / A.B. Bakirov, D.O. Karimov, G.F. Mukhammadieva, T.G. Kutlina, E.F. Idiatullina, Ya.V. Valova, D.D. Karimov, E.R. Kudoyarov. – Ufa, 2017. – 118 p.

База данных, содержащая информацию о штаммах коагулазонегативных стафилококков, циркулирующих в стационарах разного профиля г. Нижнего Новгорода

Д.В. Кряжев, Г.Б. Ермолина, Е.В. Борискина

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени академика И.Н. Блохиной», г. Нижний Новгород, Россия

Исходные данные были конвертированы в набор взаимосвязанных таблиц и организованы в иерархическую двухуровневую базу данных, содержащую информацию о 1045 штаммах коагулазонегативных стафилококков, циркулировавших в стационарах разного профиля Нижнего Новгорода. Для формирования выборки, описывающей клинико-эпидемиологические и фенотипические характеристики штаммов, осуществляются запросы. В результате выполнения запроса формируется таблица, где каждая строка соответствует одному штамму и содержит информацию о дате, источнике и месте выделения, фенотипе антибиотико- и фагорезистентности, наличии гена mecA, а также чувствительности к различным классам дезинфицирующих средств и способности к образованию биопленки. Разработанная база данных будет способствовать совершенствованию системы микробиологического мониторинга в эпидемиологическом надзоре за инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи.

Ключевые слова: база данных, коагулазонегативные стафилококки, антибиотикорезистентность, биопленкообразование, микробиологический мониторинг, эпидемиологический надзор.

Возросшие возможности антимикробной химиотерапии, улучшение условий труда и быта привели в XX в. к постепенному снижению инфекционной заболеваемости. К сожалению, этого нельзя сказать об инфекциях, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП), данная проблема глубока и многогранна, затрагивает различные сферы здравоохранения и требует для своего решения усилий специалистов различного профиля, в том числе и микробиологов. В настоящее время об ИСМП существует устоявшееся мнение как о «болезнях цивилизации и прогресса медицины». На современном этапе развития медико-биологических наук проблема ИСМП рассматривается как одна из актуальных медицинских и социально-экономических проблем, являющихся приоритетными для здравоохранения Российской Федерации [6, 12].

Основой микробиологического обеспечения системы эпидемиологического надзора и профилактики ИСМП в учреждениях здравоохранения является их учет и своевременная лабораторная диагностика с изучением биологических свойств возбудителей. Последнее приобретает особую значимость при внутрибольничных инфекциях, вызываемых условно-патогенными микроорганизмами [7].

С начала XXI в. отмечается рост клинической значимости коагулазоотрицательных стафилококков (CoNS). Несмотря на увеличивающееся число сообщений об их роли в патологии человека, эта группа стафилококков остается недостаточно изученной. Известно, что CoNS не обладают большим набором факторов патогенности. Однако благодаря широкому использованию разнообразных высокоинвазивных и агрессивных медицинских вмешательств, происходит быстрая эволюция их свойств, в результате которой они получают все большее распространение.

Накопленные в литературе данные свидетельствуют о патогенности для человека не только золотистого стафилококка, но и стафилококков других видов, в том числе коагулазоотрицательных [1, 3]. У CoNS обнаружен более высокий уровень резистентности к метициллину (64,44–80,79 %) по сравнению с коагулазоположительными стафилококками (26,53 %), что, в свою очередь, является причиной существенного ограничения выбора препаратов для лечения и профилактики стафилококковых инфекций [2, 4, 5, 9]. Проблемой терапии нозокомиальных стафилококковых инфекций является и рост устойчивости возбудителей к антибактериальным препаратам, обусловленный способностью образовывать биопленку, которая дает возможность прикрепляться к различным полимерным материалам протезов, катетеров, имплантов [8, 10, 11, 13].

Во ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной Роспотребнадзора в течение многих лет осуществляется микробиологический мониторинг в системе эпидемиологического надзора за ИСМП, вызванными эковарами CoNS, циркулирующими в медицинских стационарах Нижнего Новгорода, в результате чего накоплены значительные массивы биологических данных, требующих обобщения, систематизации и перевода в машиноориентированную форму.

Целью работы являлось создание пополняемой базы данных (БД), позволяющей осуществить поиск и обработку информации об источниках и времени выделения персистирующих в стационарах разного профиля Нижнего Новгорода эковаров коагулазонегативных стафилококков, их антибиотикорезистентности, устойчивости к бактериофагам, способности к биопленкообразованию, устойчивости к дезинфицирующим средствам и наличию у них гена mecA.

Для создания БД использовали программу Microsoft Office Access со стандартным набором приложений. Структура БД представлена таблицами (рис. 1), предназначенными для хранения информации, а также стандартными методами обработки информации. Для заполнения таблиц БД использовалась информация о штаммах CoNS, полученная в ходе текущей работы в лаборатории микробиологии ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной Роспотребнадзора в 2016–2020 гг.

Первичный этап микробиологического мониторинга включал отбор материала из верхних дыхательных путей пациентов, кожи, слизистых, раневого отделяемого, из крови, спинномозговой жидкости, грудного молока и промывных вод желудка; с интубационных трубок и катетеров, а также из внешней среды – с рук медицинского персонала и из смывов с манипуляционных столиков.

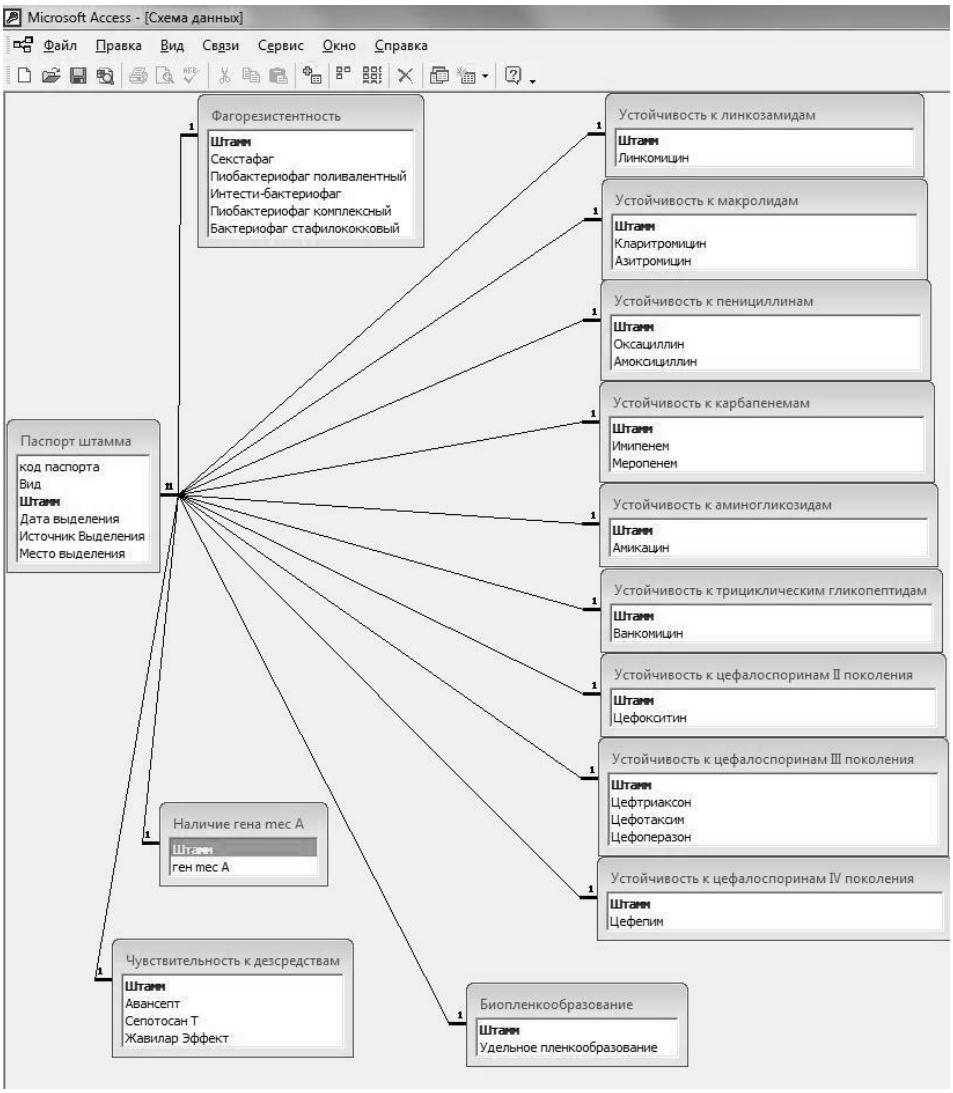


Рис. 1. Схема данных основных и вспомогательных таблиц

Для каждого штамма вносили данные по следующим разделам: клинико-эпидемиологические характеристики (дата выделения, источник выделения, место выделения); фенотип антибиотико- и фагорезистентности (интерпретация чувствительности); способность к образованию биопленок (интерпертация показателя удельного пленкообразования); для ряда штаммов указаны наличие гена mecA и степень чувствительности к дезинфицирующим средствам на основе различных классов действующих веществ (активный хлор, четвертичные аммониевые соединения, полигексаметиленгуанидина гидрохлорид).

В соответствии с общепринятыми этическими требованиями БД не содержит персональных данных пациентов (имени и фамилии, возраста, этнической и расовой принадлежности и т.п.).

БД на текущий момент содержит информацию о 1045 штаммах, принадлежащих к коагулазонегативным стафилококкам. Штаммы были выделены в пяти стационарах различного профиля города Нижнего Новгорода в период с 2016 по 2020 г. БД включает 14 таблиц, одна из которых – основная таблица – содержит 6270 ячеек с записями, 11 вспомогательных таблиц состоят из 1045 строк; вторая – вспомогательная – таблица из 100 строк; и последняя – вспомогательная – таблица содержит 117 строк. Объем программы оптимизирован для удобства работы на флеш-носителях и составляет 47,9 Мбайт.

Таблица «Паспорт штамма» содержит основную эпидемиологическую информацию о каждом штамме (рис. 2), а также обобщенную характеристику каждого штамма, генерируемую на основе вспомогательных таблиц.

Microsoft Access - [Паспорт штамма : таблица]

Файл Правка Вид Вставка Формат Записи Сервис Окно Справка

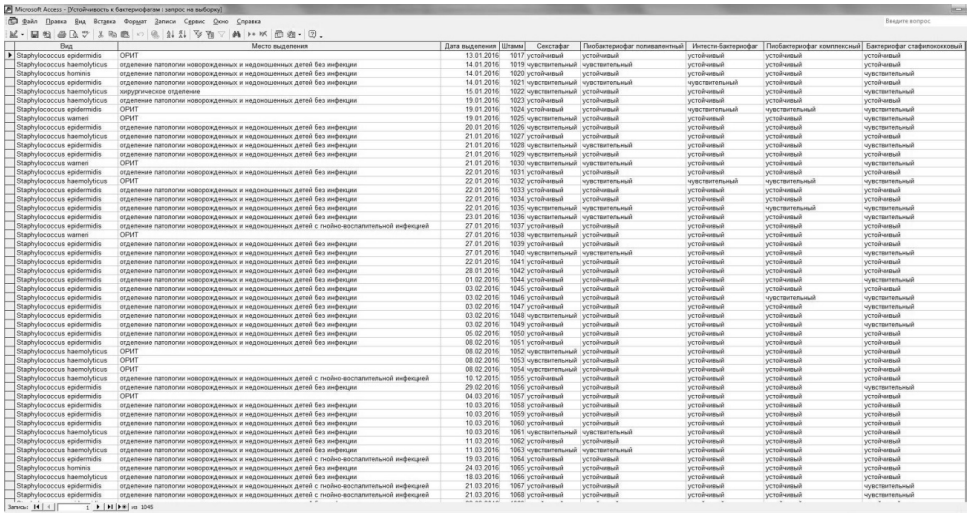
код паспорта	Вид	Штамм	Дата выделения	Источник Выделения	Место выделения
1	Staphylococcus epidermidis	2	13.01.2016	анус	ОРИТ
2	Staphylococcus haemolyticus	4	14.01.2016	правое ухо	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
3	Staphylococcus hominis	5	14.01.2016	левое ухо	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
4	Staphylococcus epidermidis	6	14.01.2016	правый глаз	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
5	Staphylococcus haemolyticus	7	15.01.2016	с рук медсестры	хирургическое отделение
6	Staphylococcus haemolyticus	8	19.01.2016	кожа	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
7	Staphylococcus epidermidis	9	19.01.2016	трахеостома	ОРИТ
8	Staphylococcus warneri	10	19.01.2016	зев	ОРИТ
9	Staphylococcus epidermidis	11	20.01.2016	кожа	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
10	Staphylococcus haemolyticus	12	21.01.2016	пупочная ранка	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
11	Staphylococcus epidermidis	13	21.01.2016	правый глаз	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
12	Staphylococcus epidermidis	14	21.01.2016	зев	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
13	Staphylococcus warneri	15	21.01.2016	кожа	ОРИТ
14	Staphylococcus epidermidis	16	22.01.2016	зев	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
15	Staphylococcus haemolyticus	17	22.01.2016	интубационная трубка	ОРИТ
16	Staphylococcus epidermidis	18	22.01.2016	зев	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
17	Staphylococcus epidermidis	19	22.01.2016	правый глаз	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
18	Staphylococcus epidermidis	20	22.01.2016	левый глаз	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
19	Staphylococcus epidermidis	21	23.01.2016	пупочная ранка	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
20	Staphylococcus epidermidis	22	27.01.2016	правый глаз	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей с гнойно-воспалительной инфекцией
21	Staphylococcus warneri	23	27.01.2016	пупочная ранка	ОРИТ
22	Staphylococcus epidermidis	24	27.01.2016	правый глаз	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
23	Staphylococcus epidermidis	25	27.01.2016	кожа	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
24	Staphylococcus epidermidis	27	22.01.2016	кровь	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
25	Staphylococcus epidermidis	28	28.01.2016	правый глаз	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
26	Staphylococcus epidermidis	30	01.02.2016	пупочная ранка	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
27	Staphylococcus epidermidis	31	03.02.2016	кожа	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
28	Staphylococcus epidermidis	32	03.02.2016	левое ухо	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
29	Staphylococcus epidermidis	33	03.02.2016	левый глаз	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
30	Staphylococcus epidermidis	34	03.02.2016	правое ухо	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
31	Staphylococcus epidermidis	35	03.02.2016	пупочная ранка	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
32	Staphylococcus epidermidis	36	05.02.2016	кожа подмышки	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
33	Staphylococcus epidermidis	37	08.02.2016	кожа	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
34	Staphylococcus haemolyticus	38	08.02.2016	зев	ОРИТ
35	Staphylococcus haemolyticus	39	08.02.2016	правый глаз	ОРИТ
36	Staphylococcus haemolyticus	40	08.02.2016	интубационная трубка	ОРИТ
37	Staphylococcus haemolyticus	41	10.12.2015	смыв с пеленального столика	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей с гнойно-воспалительной инфекцией
38	Staphylococcus epidermidis	42	29.02.2016	левое ухо	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
39	Staphylococcus epidermidis	43	04.03.2016	пупочная ранка	ОРИТ
40	Staphylococcus epidermidis	44	10.03.2016	левое ухо	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
41	Staphylococcus epidermidis	45	10.03.2016	правое ухо	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
42	Staphylococcus epidermidis	46	10.03.2016	левый глаз	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
43	Staphylococcus haemolyticus	47	10.03.2016	правый глаз	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
44	Staphylococcus epidermidis	48	11.03.2016	кожа	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
45	Staphylococcus haemolyticus	49	11.03.2016	пупочная ранка	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
46	Staphylococcus epidermidis	50	19.03.2016	кровь	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей с гнойно-воспалительной инфекцией
47	Staphylococcus hominis	51	24.03.2016	кровь	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
48	Staphylococcus haemolyticus	52	18.03.2016	левое ухо	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции
49	Staphylococcus epidermidis	53	21.03.2016	кожа	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей с гнойно-воспалительной инфекцией
50	Staphylococcus epidermidis	54	21.03.2016	нос	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей с гнойно-воспалительной инфекцией

Запись: 1 из 761

Рис. 2. Форма «Паспорт штамма»

Во вспомогательных таблицах содержится информация о чувствительности штаммов к 14 антибактериальным препаратам и пяти бактериофагам. Для заполнения этих таблиц разработаны формы, с помощью которых можно вносить интерпретации значений показателей чувствительности к бактериофагам и антибиотикам каждого штамма. Вспомогательные таблицы позволяют консолидировать данные и получать на выходе характеристики антибиотико- и фагорезистентности, которые адресуются в таблицу «Паспорт штамма».

База данных позволяет проводить анализ спектра чувствительности штаммов к отдельным функциональным группам антибиотиков и бактериофагов с помощью 18 стандартных запросов (рис. 3).



Вид	Место выделения	Дата выделения	Штамм	Сенстафаг	Пиобактериофаг поливалентный	Интести-бактериофаг	Пиобактериофаг комплексный	Бактериофаг стафилококковый
Staphylococcus epidermidis	ОРИТ	13.01.2016	1017	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus haemolyticus	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	14.01.2016	1019	чувствительный	чувствительный	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus hominis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	14.01.2016	1020	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	14.01.2016	1021	чувствительный	чувствительный	чувствительный	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus haemolyticus	хирургическое отделение	15.01.2016	1022	чувствительный	устойчивый	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus haemolyticus	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	19.01.2016	1023	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	ОРИТ	19.01.2016	1024	устойчивый	устойчивый	чувствительный	чувствительный	чувствительный
Staphylococcus warneri	ОРИТ	19.01.2016	1025	чувствительный	устойчивый	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	20.01.2016	1026	чувствительный	устойчивый	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus haemolyticus	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	21.01.2016	1027	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	21.01.2016	1028	чувствительный	чувствительный	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	21.01.2016	1029	чувствительный	устойчивый	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus warneri	ОРИТ	21.01.2016	1030	чувствительный	чувствительный	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	22.01.2016	1031	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus haemolyticus	ОРИТ	22.01.2016	1032	устойчивый	чувствительный	чувствительный	чувствительный	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	22.01.2016	1033	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	22.01.2016	1034	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	22.01.2016	1035	чувствительный	чувствительный	устойчивый	чувствительный	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	23.01.2016	1036	чувствительный	чувствительный	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей с гнойно-воспалительной инфекцией	27.01.2016	1037	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus warneri	ОРИТ	27.01.2016	1038	чувствительный	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	27.01.2016	1039	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	27.01.2016	1040	чувствительный	чувствительный	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	22.01.2016	1041	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	29.01.2016	1042	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	01.02.2016	1044	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	03.02.2016	1045	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	03.02.2016	1046	устойчивый	устойчивый	устойчивый	чувствительный	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	03.02.2016	1047	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	03.02.2016	1048	чувствительный	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	03.02.2016	1049	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	05.02.2016	1050	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	08.02.2016	1051	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus haemolyticus	ОРИТ	08.02.2016	1052	чувствительный	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus haemolyticus	ОРИТ	08.02.2016	1053	чувствительный	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus haemolyticus	ОРИТ	08.02.2016	1054	чувствительный	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus haemolyticus	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей с гнойно-воспалительной инфекцией	10.12.2015	1055	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	29.02.2016	1056	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	ОРИТ	04.03.2016	1057	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	10.03.2016	1058	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	10.03.2016	1059	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	10.03.2016	1060	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus haemolyticus	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	10.03.2016	1061	чувствительный	чувствительный	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	11.03.2016	1062	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus haemolyticus	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	11.03.2016	1063	чувствительный	чувствительный	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей с гнойно-воспалительной инфекцией	19.03.2016	1064	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus hominis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	24.03.2016	1065	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus haemolyticus	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей без инфекции	18.03.2016	1066	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей с гнойно-воспалительной инфекцией	21.03.2016	1067	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	чувствительный
Staphylococcus epidermidis	отделение патологии новорожденных и недоношенных детей с гнойно-воспалительной инфекцией	21.03.2016	1068	устойчивый	устойчивый	устойчивый	устойчивый	чувствительный

Рис. 3. Пример выполнения запроса

Разработанная БД позволяет осуществлять поиск и обработку информации о циркулирующих в медицинских стационарах эковарах коагулазоотрицательных стафилококков, включая их клинико-эпидемиологическую характеристику, фенотип антибиотико- и фагорезистентности, наличие гена mecA, способность к биопленкообразованию, а также чувствительность к различным классам дезинфицирующих средств. Тип реализующей ЭВМ: IBM PC-совместимый ПК. Вид и версия системы управления базой данных: Access 2002 и выше. Вид и версия операционной системы: Windows 7 и выше. БД зарегистрирована в Государственном реестре баз данных 26.12.2019 под № 2019622490. БД представляет собой пример эффективного, малозатратного и легкодоступного внедрения современных информационных технологий в проведении исследований в области эпидемиологии.

На основе разработанной технологии представления результатов микробиологического мониторинга в машиноориентированной форме в виде двухуровневой базы данных в программе Microsoft Office Acces в дальнейшем могут быть созданы и иные, доступные к постоянному пополнению структуры, способные решать широкий круг задач, стоящих перед клинической эпидемиологией.

Список литературы

1. Бестужева Г.Р., Сабодаха М.А, Садыбакасова Г.К. Эволюционизирующий пейзаж коагулазоотрицательных стафилококков клинического происхождения // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. – 2018. – № 18 (9). – С. 121–124.

2. Буга Д.В., Плискарь В.И. Значимость метициллин-резистентных стафилококков в септической патологии // Медицинский альманах. – 2019. – № 1 (58). – С. 40–43.

3. Генетическая и биохимическая характеризация стафилококков, встречающихся в Новосибирске / Ю.Н. Козлова, Н.В. Фоменко, В.В. Морозова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – № 21 (8). – С. 952–958.

4. Граничная Н.В., Зайцева Е.А., Бондарь В.Ю. Фенотипическая характеристика биологических свойств коагулазонегативных стафилококков, выделенных в кардиохирургическом стационаре // Альманах клинической медицины. – 2017. – № 45 (2). – С. 127–132.

5. Граничная Н.В., Зайцева Е.А., Переломова О.В. Резистентность коагулазонегативных стафилококков, выделенных из различного биоматериала у пациентов кардиохирургического профиля // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2019. – № 2 (76). – С. 38–42.

6. Желнина Т.П. Факторы риска развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, у пациенток акушерского стационара // Медицинский альманах. – 2017. – № 4. – С. 37–40.

7. Направления модернизации учета заболеваемости населения инфекциями, связанными с оказанием медицинской помощи в Российской Федерации / Ю.А. Головерова, А.В. Тутельян, Г.Г. Марьин [и др.] // Инфекционные болезни в современном мире: эволюция, текущие и будущие угрозы: материалы XI Ежегодного Всерос. конгресса по инфекционным болезням с междунар. участием. – М., 2019. – С. 41–42.

8. Образование биопленок штаммами стафилококка, выделенными из различного биологического материала при инфекционных осложнениях тотального эндопротезирования коленного сустава / И.В. Бабушкина, А.С. Бондаренко, И.А. Мамонова [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2019. – № 15 (2). – С. 261–266.

9. Степанов А.С., Васильев Н.В. Оценка распространенности механизмов устойчивости *Staphylococcus spp.* среди изолятов, выделенных из клинического материала // Проблемы медицинской микологии. – 2016. – № 18 (3). – С. 45–48.

10. Уровень заболеваемости гнойно-септическими инфекциями у новорожденных, родильниц, пациентов хирургических стационаров в структуре ИСМП в Нижегородской области в период 2014–2015 гг. и меры по их профилактике / В.А. Никифоров, Д.В. Кряжев, О.Н. Княгина [и др.] // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. – 2017. – № 1. – С. 10–14.

11. Широкова И.Ю. Эпидемиологические и микробиологические особенности инфекций, обусловленных коагулазоотрицательными стафилококками: дис. … канд. мед. наук: 14.02.02. – Н. Новгород, 2014. – 177 с.

12. Эпидемиология внутриутробных и внутрибольничных инфекций новорожденных: учеб. пособие / В.В. Шкарин, Л.Ю. Послова, О.В. Ковалишена [и др.]. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России, 2019. – 124 с.

13. Biofilm formation of methicillin-resistant coagulase-negative *Staphylococci isolated* from clinical samples in Northern Thailand / T. Kitti, R. Seng, R. Thummeepak [et al.] // J. Global. Infect. Dis. – 2019. – Vol. 11. – P. 112–117.

Результаты ведения токсикологического мониторинга в Республике Татарстан

Р.Г. Билалова, А.А. Титова, О.Н. Панкратова, Е.В. Калеева

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Татарстан, г. Казань, Россия

Рассматриваются результаты ведения токсикологического мониторинга на территории Республики Татарстан. За период 2015–2019 гг. наблюдается снижение показателя острых отравлений химической этиологии на 39,4 %. В структуре отравлений основная доля приходится на отравления другими мониторируемыми видами химических веществ (36,4 %), отравления лекарственными препаратами (30,8 %), алкоголем и спиртосодержащей продукцией (21 %) и наркотическими веществами (11,8 %). Наиболее уязвимой социальной прослойкой населения Республики Татарстан являются безработные и пенсионеры (43,8 и 15,7 % соответственно). По структуре острых отравлений химической этиологии, закончившихся летальным исходом, наиболее значимыми в 2019 г. являлись отравления от употребления спиртосодержащей продукции (47 %) и прочими мониторируемыми видами различных веществ (37,3 %).

Проводимая работа по ведению токсикологического мониторинга позволяет оценить ситуацию, выявить и предупредить серьезную опасность для здоровья и социального благополучия населения Республики Татарстан.

Ключевые слова: токсикологический мониторинг, острые отравления химической этиологии, здоровье населения.

Острые отравления химической этиологии относятся к разряду актуальных проблем. Отравления чаще возникают в результате случайного и / или умышленного приема химических веществ, обладающих достаточно высокой токсичностью. Возникают внезапно, развиваются очень быстро и в случае промедления в оказании медицинской помощи могут привести пострадавшего к смерти в первые часы после отравления или к тяжелым клиническим формам, инвалидизации[1].

На территории Республики Татарстан в структуре первичной заболеваемости взрослого населения травмы и отравления в последние годы занимали ведущее место. В 2018 г. показатель составил 85,7 случая на 100 тыс. населения. На третьем месте в структуре смертности – травмы, отравления и другие последствия воздействия внешних причин – 78,2 случая на 100 тыс. населения (на 6,1 % ниже 2017 г. – 83,3). В общей структуре смертность от внешних причин составляет 6,8 %.

В 2019 г. в Республике Татарстан зарегистрировано 2688 случаев острых отравлений химической этиологии в быту (69,0 случая на 100 тыс. населения), в 2018 г. – 2703 случая (69,6 случая на 100 тыс. населения). Наблюдается снижение показателя как за последние пять лет, так и в сравнении с показателем 2018 г. на 39,4 и 0,9 % соответственно.

[1] Материалы 3-го съезда токсикологов России: тез. докл. / М-во здравоохранения и соц. развития Российской Федерации и др. – М., 2008. – 556 с.

Основная доля отравившихся – лица в возрасте 18 лет и старше – 75,4 %; на подростковое население (15–17 лет) приходится 4,6 %; на детское население (0–14 лет) – 20 %. В течение 2015–2018 гг. наблюдается снижение отравлений по всем возрастным группам: среди детского (0–14 лет) и подросткового (15–17 лет) населения – в 1,5 раза, взрослого (18 лет и старше) населения – в 1,6 раза.

Проведенный анализ острых отравлений химической этиологии по половой структуре показал, что острые отравления преобладают среди мужчин – 62,2 %; среди женщин регистрируются в 1,7 раза реже (37,4 %).

Распределение пострадавших по социально-профессиональным группам выглядит следующим образом: безработные – 43,8 %, пенсионеры – 15,7 %; работающее население – 15,3 %; школьники (7–17 лет) – 9 %; неорганизованные дети (0–14 лет) – 8,9 %; дети, посещающие ДДУ (3–6 лет), – 3,8 %; учащиеся – 3,4 %; лица с неопределенным местом жительства – 0,1 %.

В структуре острых бытовых отравлений химической этиологии 36,4 % приходится на отравления другими мониторируемыми видами химических веществ; 30,8 % – на отравления лекарственными препаратами; 21 % – на отравления алкоголем и спиртосодержащей продукцией; 11,8 % – на отравления наркотическими веществами.

Среди отравлений другими мониторируемыми видами в 2019 г. токсическое действие окиси углерода составило 37 %; пестицидов – 5,9 %; разъедающих веществ, в том числе уксусной кислотой и уксусной эссенцией – 5,8 %, органических растворителей – 5,0 %, ядовитых веществ, содержащихся в съеденных пищевых продуктах – 5,8 % и от контакта с ядовитыми животными – 9,1 % и др.

В 2019 г. в сравнении с 2018 г. на 5,1 % снизилось количество отравлений от токсического действия окиси углерода, и составило 9,3 случая на 100 тыс. населения (в 2015 г. – 12,3 случая на 100 тыс. населения). Среди несовершеннолетних основная доля приходится на детей в возрасте 0–7 лет (57,5 %). Отравления окисью углерода среди взрослого населения преобладают в возрасте 55 лет и старше (49,8 %). Отравления угарным газом в основном происходят в отопительный период (91,9 %).

В структуре отравлений лекарственными препаратами в 2019 г. 23,2 % приходится на отравления противосудорожными, седативными, снотворными средствами; 19,4 % – на отравления диуретиками и другими не уточненными лекарственными средствами; 18,6 % – на отравления психотропными средствами, не классифицированными в других рубриках; 11,9 % – на отравления неопиоидными анальгезирующими и жаропонижающими средствами; 5,7 % – на отравления препаратами, действующими преимущественно на вегетативную нервную систему; 5,3 % – на отравления препаратами, действующими преимущественно на сердечно-сосудистую систему; на другие лекарственные отравления приходится 15,9 %.

Отравления алкоголем и спиртосодержащей продукцией в структуре острых отравлений химической этиологии в 2019 г. составили 21 % (14,5 случая на 100 тыс. населения), в 2018 г. – 20,3 % (14,1 случая на 100 тыс. населения). В сравнении с предыдущим годом показатель увеличился на 2,8 %, а в сравнении 2015 г. снизился в два раза (31,1 случая на 100 тыс. населения). Среди отравившихся алкоголем мужчины составляли 82,2 %.

Доля отравлений от употребления наркотических веществ и психодислептиков (галлюциногенов) в общей структуре острых отравлений в 2019 г. составила 11,8 % (8,2 случая на 100 тыс. населения), в 2018 г. – 12 % (8,3 случая на 100 тыс. населения) и наблюдается снижение на 1,2 %. В сравнение с 2015 г. отмечается снижение на 3,5 %.

Показатель смертности от острых отравлений химической этиологии остался на уровне 2018 г. и в 2019 г. составил 12,2 случая на 100 тыс. населения (17,6 %). В сравнении с 2015 г. наблюдается снижение на 33,7 %. Основная доля летальных случаев приходится на возраст 18 лет и старше – 96,2 %.

По структуре острых отравлений химической этиологии, закончившихся летальным исходом, наиболее значимыми в 2019 г. являлись отравления от употребления спиртосодержащей продукции – 47 %; прочими мониторируемыми видами различных веществ – 37,3 %; отравления наркотиками и психодислептиками – 12,2 %, лекарственными препаратами – 3,5 %. Среди случаев, закончившихся летальным исходом, преобладает мужское население – 81,4 %.

Для снижения количества случаев отравлений и смертности от острых отравлений химической этиологии следует обозначить основные направления по улучшению ситуации в Республике Татарстан:

– выполнение Закона Республики Татарстан от 06.03.2015 г. № 10-ЗРТ «О дополнительных ограничениях времени, условий и мест розничной продажи алкогольной продукции на территории Республики Татарстан и признании утратившими силу некоторых законодательных актов Республики Татарстан» и Постановления КМ РТ от 16.12.2013 № 764 «Об утверждении государственной программы “Обеспечение общественного порядка и противодействие преступности в РТ на 2014–2020 годы” подпрограммы 7 “Снижение масштабов злоупотребления алкогольной продукцией и профилактика алкоголизма в Республике Татарстан на 2017–2020 годы”»;

– выполнение Постановления Правительства РФ от 27.09.2007 № 612 «Об утверждения правил продажи товаров дистанционным способом» в части запрещения дистанционных продаж алкоголя (в том числе через сеть Интернет);

– продолжение осуществления контрольных мероприятий в сфере розничной торговли спиртосодержащей непищевой продукцией, спиртосодержащими пищевыми добавками и ароматизаторами;

– проведение информационно-просветительной работы по формированию у лиц пенсионного возраста и неработающих граждан здорового образа жизни.

В Республике Татарстан проводится профилактическая работа согласно принятому Постановлению республиканской комиссии по делам несовершеннолетних и защите их прав от 26 декабря 2019 г. № 22–19 «Об организации работы по профилактике употребления несовершеннолетними алкогольной и спиртосодержащей продукции».

Информационные материалы по результатам токсикологического мониторинга представляются на сайте www.16.rospotrebnadzor.ru и в СМИ.

Гигиеническая оценка качества воды поверхностных и подземных водоисточников на территориях нефтепереработки и нефтехимии

Т.К. Валеев, Р.А. Сулейманов, Л.Р. Рахматуллина

ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
г. Уфа, Россия

Сточные воды предприятий нефтепереработки и нефтехимии, загрязненные комплексом специфических соединений, попадая в поверхностные и подземные водоисточники, могут оказать неблагоприятное влияние на качество воды, санитарные условия жизни и водопользования населения. Результаты свидетельствуют, что воды водных объектов, размещенных в зоне воздействия крупных промышленных комплексов, характеризуются неблагоприятными органолептическими показателями, высоким органическим загрязнением, наличием специфических соединений (нефтепродукты, ПАВ, альфаметилстирол, бензол, толуол, изопропилбензол, сероводород) в концентрациях выше их гигиенических регламентов. При употреблении подземных вод из скважин и родников для населения существует риск развития неблагоприятных эффектов со стороны отдельных органов и систем.

Ключевые слова: качество воды поверхностных и подземных водоисточников, уровень загрязнения, риск здоровью населения, предприятия нефтепереработки и нефтехимии.

Водосборные территории, относящиеся к бассейнам рек Волги и Урала, являются водоприемниками сточных вод предприятий нефтяной и нефтехимической промышленности. Как показывают наблюдения отдельных исследований, на этих территориях регистрируется высокий уровень загрязнения поверхностных и подземных водоисточников [1–6]. При этом наибольшую нагрузку испытывают, в первую очередь, малые реки, являющиеся как источниками питьевого водоснабжения, так и местами рекреационного водопользования населения. Такие реки являются более уязвимыми, по сравнению с крупными водотоками, так как имеют низкую самоочищающуюся способность, существенную зависимость от состояния водосборной территории и при поступлении в них даже незначительного количества загрязненных стоков может создаться аварийная ситуация.

Осуществлена гигиеническая оценка уровня загрязнения водных объектов и риска здоровью населения территорий, расположенных в зоне размещения крупных промышленных комплексов нефтепереработки (НП) и нефтехимии (НХ) Республики Башкортостан (РБ), с последующим обоснованием профилактических мероприятий.

Для оценки степени влияния предприятий отрасли на качественный состав водоисточников было изучено санитарное состояние рек Белой, Шугуровки, ручья Стеклянки, а также подземных вод, залегающих в районе размещения производств НХ и НП. Выбор этих водоисточников обусловливается тем, что река Белая является основным водоприемником сточных вод предприятий НП и НХ РБ. Река Шугуровка протекает по территории промышленной зоны Уфимского нефтеперерабатывающего комплекса и впадает в реку Уфу, являющуюся основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Уфы. По материалам многолетних на-

блюдений была осуществлена оценка влияния сточных вод основных НП и НХ производств на санитарное состояние реки Белой, ее притоков, подземных водоисточников. При этом для достоверности интерпретаций полученных результатов нами рассчитывались усредненные величины показателей качества воды, регистрируемых в различные сезоны года, за длительный период наблюдения. Створы наблюдения за состоянием воды поверхностных водоисточников были выбраны по общепринятой схеме: река Белая выше и ниже сброса сточных вод Салаватско-Стерлитамакского и Уфимско-Благовещенского НП- и НХ-комплексов. Створы наблюдения за качеством воды подземных водоисточников располагались в непосредственной близости от объектов НП и НХ.

Концентрация промышленного производства в РБ существенно превышает общероссийские показатели, особенно в части размещения предприятий НП и НХ. Наибольшая концентрация предприятий отрасли приходится на города – Уфу, Стерлитамак, Салават и Благовещенск, на территории которых протекает река Белая – главная водная артерия РБ. Значительный вклад в загрязнение воды реки Белая и ее притоков, а также подземных водоисточников вносят такие производственные комплексы, как ПАО АНК «Башнефть» – «Башнефть-УНПЗ», «Башнефть-Уфанефтехим», «Башнефть-Новойл», ОАО «Башкирнефтепродукт», ОАО «Уфаоргсинтез», ОАО «Синтез-Каучук», ОАО «ГазпромнефтехимСалават», ОАО «Стерлитамакский нефтехимический завод».

Обобщенные материалы данных наблюдений ФГБУ «Башкирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (за 2007–2017 гг.) свидетельствуют, что сточные воды предприятий НП и НХ изменяют санитарное состояние реки Белой. После поступления стоков Салаватско-Стерлитамакского НП и НХ комплексов в воде реки Белой наблюдалось уменьшение содержания азота аммония и показателей $БПК_5$ и значительное увеличение содержания нитратов (до 6,7 мг/л), хлоридов (до 316,7 мг/л), сульфатов (до 97,5 л), нефтепродуктов (до 0,18 мг/л). При этом в отдельные годы и сезоны наблюдений регистрировались высокие концентрации фенолов, нефтепродуктов, меди, цинка, СПАВ, показателей ХПК, БПК и др. (табл. 1).

Таблица 1

Показатели качества воды реки Белая на территориях размещения основных НП- и НХ-комплексов РБ (усредненные данные по различным сезонам за 2007–2017 гг.)

Наименование показателя, мг/л	Створ наблюдений						
	ниже г. Салавата	выше г. Стерлитамака	ниже г. Стерлитамака, выше п. Прибельский	выше г. Уфы п. Чесноковка	ниже г. Уфы – 22 км	ниже г. Благовещенска	ниже г. Дюртюли
1	2	3	4	5	6	7	8
Растворенный кислород	9,35 ± 0,86	9,46 ± 0,98	9,97 ± 1,12	9,41 ± 0,95	9,66 ± 0,90	10,0 ± 1,31	9,68 ± 0,96
$БПК_5$, мгO_2/л	2,75 ± 0,34	2,66 ± 0,31	1,1 ± 0,09	1,0 ± 0,09	1,26 ± 0,11	1,35 ± 0,13	1,36 ± 0,12
Азот аммиака	0,52 ± 0,19	0,50 ± 0,18	0,23 ± 0,10	0,18 ± 0,08	0,22 ± 0,09	0,24 ± 0,10	0,28 ± 0,13
Азот нитритов	0,014 ± 0,004	0,014 ± 0,004	0,015 ± 0,005	0,011 ± 0,003	0,012 ± 0,003	0,014 ± 0,004	0,014 ± 0,004

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Нитраты	1,17 ± 0,08	1,16 ± 0,08	6,7 ± 0,37	3,7 ± 0,19	2,95 ± 0,13	3,26 ± 0,16	2,97 ± 0,13
Хлориды	19,4 ± 1,23	19,1 ± 1,20	316,7 ± 27,8	155,2 ± 19,6	69,5 ± 9,54	68,1 ± 9,20	69,5 ± 9,61
Сульфаты	25,6 ± 2,4	25,9 ± 3,0	97,5 ± 10,4	115,8 ± 12,7	101,4 ± 10,8	109,4 ± 11,0	132,0 ± 13,5
Фенолы летучие	0,0013 ± ± 0,0001	0,0012 ± ± 0,0001	0,001 ± ± 0,00009	0,0012 ± ± 0,0001	0,001 ± ± 0,00009	0,0013 ± ± 0,0001	0,001 ± ± 0,00009
Нефтепродукты	0,073 ± 0,006	0,069 ± 0,006	0,18 ± 0,057	0,135 ± 0,044	0,144 ± 0,058	0,154 ± 0,049	0,160 ± ± 0,053
Медь	0,0046 ± ± 0,0005	0,0044 ± ± 0,0004	0,0025 ± ± 0,0003	0,002 ± ± 0,0003	0,002 ± ± 0,0003	0,002 ± ± 0,0002	0,0013 ± ± 0,0001
Цинк	0,005 ± ± 0,0004	0,005 ± ± 0,0004	0,0035 ± ± 0,0003	0,0036 ± ± 0,0003	0,0036 ± ± 0,0003	0,0035 ± ± 0,0003	0,0042 ± ± 0,0004
Никель	0,008 ± ± 0,0007	0,0079 ± ± 0,0007	0,0055 ± ± 0,0006	0,0068 ± ± 0,0007	0,005 ± ± 0,0004	0,004 ± ± 0,0003	0,003 ± ± 0,0003
Марганец	0,083 ± 0,0047	0,092 ± 0,0054	0,10 ± 0,012	0,099 ± 0,009	0,095 ± 0,008	0,08 ± 0,006	0,09 ± 0,011
Железо	0,44 ± 0,053	0,40 ± 0,048	0,09 ± 0,007	0,10 ± 0,009	0,14 ± 0,013	0,09 ± 0,007	0,09 ± 0,008

Поверхностные водоисточники, протекающие в районе расположения предприятий Уфимского НП-комплекса (ручей Стеклянка, река Шугуровка), характеризовались неблагоприятными органолептическими показателями, высоким органическим загрязнением, наличием специфических соединений в концентрациях, значительно превышающих гигиенические регламенты: нефтепродуктов (до 4 ПДК), альфаметилстирола (до 4,6 ПДК), бензола (более 100 ПДК), толуола (до 54 ПДК), изопропилбензола (до 55 ПДК), сероводорода (до 76 ПДК) (табл. 2).

Таблица 2

Санитарное состояние поверхностных вод, размещенных на территориях расположения Уфимского НП-комплекса (усредненные данные)

Наименование показателя	Ручей Стеклянка	Река Шугуровка д. Раевка	Река Шугуровка ниже заводов
Запах, баллы	2,2 ± 0,4	3,8 ± 0,8	3,1 ± 0,5
Прозрачность, см	30 ± 4,2	25 ± 3,7	30 ± 5,1
Жесткость, мг-экв/л	8,0 ± 1,1	15,0 ± 2,4	9,8 ± 1,5
Хлориды, мг/л	70,0 ± 6,8	63,0 ± 8,5	82,0 ± 7,8
Сульфаты, мг/л	1,6 ± 0,08	9,3 ± 0,7	65,6 ± 7,3
Азот аммиака, мг/л	0,07 ± 0,009	1,3 ± 0,08	2,8 ± 0,3
Азот нитритов, мг/л	0,016 ± 0,003	0,04 ± 0,007	0,03 ± 0,005
Азот нитратов, мг/л	9,0 ± 0,8	0,4 ± 0,06	3,0 ± 0,4
Растворенный кислород, мг/л	9,8 ± 1,1	10,5 ± 2,4	9,7 ± 1,6
БПК$_5$, мгO_2/л	2,5 ± 0,3	1,8 ± 0,3	2,3 ± 0,4
ХПК, мгO_2/л	22,3 ± 4,1	18,0 ± 2,7	35,0 ± 4,6
Нефтепродукты, мг/л	0,3 ± 0,05	0,2 ± 0,04	0,4 ± 0,06
ПАВ, мг/л	0,2 ± 0,04	0,08 ± 0,008	0,3 ± 0,05
Фенолы, мг/л	н/о	0,001 ± 0,0004	н/о
Альфаметилстирол, мг/л	н/о	0,46 ± 0,07	н/о
Бензол, мг/л	0,8 ± 0,09	1,9 ± 0,04	1,1 ± 0,06
Толуол, мг/л	0,4 ± 0,005	1,3 ± 0,3	0,4 ± 0,06
Изопропилбензол, мг/л	1,3 ± 0,03	1,7 ± 0,3	5,5 ± 0,9
Сероводород, мг/л	н/о	3,8 ± 0,9	н/о

Примечание: здесь и далее н/о – не обнаружено.

Санитарно-химический анализ качества подземных вод, залегающих на территориях размещения Уфимско-Благовещенского НП- и НХ-промышленных комплексов, свидетельствуют, что вода родников, используемая для хозяйственно-питьевых целей жителями п. Черкассы и д. Раевка, обладает неприятным запахом (превышение нормы до 1,5 раза), повышенной жесткостью (превышение нормы до 1,4 раза), содержит в большом количестве ингредиенты, образующиеся предприятиями отрасли: бензол (до 70 ПДК), толуол (до 27 ПДК), изопропилбензол (до 64 ПДК).

Подземные воды, залегающие на территориях расположения Стерлитамакско-Салаватского НП- и НХ-промышленных комплексов, характеризуются высокой минерализацией (превышение нормы до 1,3 раза), высокой жесткостью (превышение нормы до 2,5 раза), высоким содержанием железа (до 5 ПДК), нитратов (до 3,8 ПДК), нефтепродуктов (до 8,4 ПДК) (табл. 3).

Таблица 3

Санитарное состояние качества подземных вод, залегающих на территориях расположения основных НП- и НХ-производственных комплексов РБ (усредненные данные)

Определяемые показатели, ед. измерения	Уфимско-Благовещенский комплекс		Стерлитамакско-Салаватский комплекс			
	п. Черкассы (родник)	д. Раевка (родник)	д. Буриказганово (родник)	д. Южное (скважина)	п. Первомайский (скважина)	д. Бегеняшское (скважина)
Запах, баллы	2,8 ± 0,3	2,2 ± 0,3	1,5 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,1 ± 0,2	1,1 ± 0,2
Минерализация, мг/л	730 ± 107	448 ± 85	658 ± 66	1100 ± 110	1311 ± 182	1356 ± 136
Жесткость, мг-экв/л	7,5 ± 0,9	9,7 ± 1,3	7,98 ± 1,2	10,97 ± 1,65	17,95 ± 2,69	17,9 ± 2,5
Растворенный кислород, мг/л	9,1 ± 0,7	9,2 ± 1,3	7,95 ± 0,8	7,87 ± 0,79	7,54 ± 0,75	7,38 ± 0,74
Хлориды, мг/л	16,0 ± 2,7	54,8 ± 7,5	24,1 ± 2,0	13,6 ± 2,0	90,2 ± 2,0	95,1 ± 2,0
Сульфаты, мг/л	3,2 ± 0,6	6,4 ± 0,9	23,0 ± 3,0	300 ± 9,1	388 ± 12,2	70,0 ± 5,0
Нитраты, мг/л	8,0 ± 1,6	1,63 ± 0,08	58,4 ± 7,0	43,9 ± 5,3	22,4 ± 2,7	170,6 ± 20,5
Нитриты, мг/л	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Фенолы, мг/л	0,0012 ± ± 0,0003	0,001 ± ± 0,0003	0,001 ± ± 0,0002	0,001 ± ± 0,0002	0,0011 ± 0,0002	0,001 ± 0,0002
Нефтепродукты, мг/л	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,84 ± 0,1
Альфаметилстирол, мг/л	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Бензол, мг/л	0,04 ± 0,005	0,07 ± 0,04	н/о	н/о	н/о	н/о
Толуол, мг/л	н/о	0,65 ± 0,08	н/о	н/о	н/о	н/о
Изопропилбензол, мг/л	6,4 ± 0,8	2,7 ± 0,4	н/о	н/о	н/о	н/о
Железо, мг/л	0,1 ± 0,03	0,2 ± 0,04	0,27 ± 0,06	1,5 ± 0,23	0,55 ± 0,13	0,21 ± 0,05
Марганец, мг/л	0,02 ± 0,004	0,02 ± ± 0,004	0,014 ± 0,004	0,099 ± ± 0,025	0,004 ± 0,001	0,022 ± 0,007
Никель, мг/л	0,0012 ± ± 0,0002	0,0012 ± ± 0,0002	0,0014 ± ± 0,0004	0,013 ± ± 0,004	0,001 ± 0,0003	0,0012 ± ± 0,0004
Мышьяк	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Употребление такой воды может способствовать риску развития различных заболеваний населения. Результаты расчетов показывают, что для жителей изучаемых населенных пунктов существует опасность развития патологических изменений со стороны центральной нервной системы (ЦНС) – *HI* составил до 1,14 для взрослого и 1,36 – для детского контингента, сердечно-сосудистой системы (ССС) и системы крови – до 4,6 и 5,3, гормональной системы – до 1,0 и 1,2, печени и почек – до 2,7 и 3,2 (табл. 4). Основными компонентами, формирующими повышенные риски, являются: нитраты (*HQ* до 5,3), изопропилбензол (*HQ* до 3,2), нефтепродукты (*HQ* до 1,4), бензол (*HQ* до 1,2), железо (*HQ* до 0,25), толуол (*HQ* до 0,16).

Таблица 4

Неканцерогенный риск (индексы опасности, *HI*), связанный с использованием подземных вод источников нецентрализованных систем водоснабжения, для взрослого и детского контингента, проживающего на отдельных территориях РБ

Органы и системы	Уфимско-Благовещенский комплекс				Стерлитамакско-Салаватский комплекс							
	п. Черкассы (родник)		д. Раевка (родник)		д. Буриказганово (родник)		д. Южное (скважина)		п. Первомайский (скважина)		д. Бегеняшское (скважина)	
	взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.
ЦНС	0,57	0,67	**1,14**	**1,36**	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Печень	**2,7**	**3,2**	0,14	0,16	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Почки	**2,7**	**3,2**	0,14	0,16	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	**1,2**	**1,4**
ССС	0,21	0,25	<0,1	<0,1	**1,56**	**1,82**	**1,2**	**1,4**	0,6	0,7	**4,6**	**5,3**
Система крови	0,78	0,92	**1,0**	**1,2**	**1,56**	**1,82**	**1,41**	**1,65**	0,6	0,7	**4,6**	**5,3**
Гормональная система	0,57	0,67	**1,0**	**1,2**	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Слизистые оболочки	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,21	0,25	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Рак	0,57	0,67	**1,0**	**1,2**	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Кожа	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,21	0,25	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Примечание: взр. – взрослый контингент; дет. – детский контингент.

Повышенные уровни риска со стороны ССС для взрослого и детского населения выявлены для водоисточников д. Бегеняшское (*HI* = 4,6 и *HI* = 5,3), д. Буриказганово (*HI* = 1,56 и *HI* = 1,82) и д. Южное (*HI* = 1,2 и *HI* = 1,4). Ведущим показателем, формирующим риски ССС, является высокое содержание нитратов.

Наибольший риск вероятности заболеваний системы крови отмечается в д. Бегеняшское (взрослые *HI* = 4,6; дети *HI* = 5,3), д. Буриказганово (взрослые *HI* = 1,56; дети *HI* = 1,82), д. Южное (взрослые *HI* = 1,41; дети *HI* = 1,65), п. Раевка (взрослые *HI* = 1,0; дети *HI* = 1,2). Основной вклад в риски вносят бензол, нитраты и железо.

Для жителей п. Раевка высокая концентрация в воде бензола может способствовать предрасположенности к развитию злокачественных новообразований и гормональных изменений, особенно для детского контингента (взрослые *HI* = 1,0; дети *HI* = 1,2).

Присутствие в питьевых водах нефтепродуктов, изопропилбензола и толуола создает повышенный уровень риска поражения печени и почек – в п. Черкассы (взрослые *HI* = 2,7; дети *HI* = 3,2), д. Бегеняшское (взрослые *HI* = 1,2; дети *HI* = 1,4).

Вероятное неблагоприятное воздействие на ЦНС выявлено только в п. Раевка – уровень риска составил для взрослого населения – 1,14, а для детей – 1,36 (за счет совместного присутствия в воде бензола и толуола).

Таким образом, исследования подтверждают, что деятельность НП- и НХ-промышленных комплексов неотвратимо сопровождается загрязнением водных объектов и, как следствие, неблагоприятным влиянием на состояние здоровья населения. Полигоны предприятий отрасли, особенно старые, занимают значительные площади, являются постоянными источниками загрязнения окружающей среды вследствие испарения нефтепродуктов и проникания их в грунтовые воды. Негерметичность очистных сооружений и стыков труб сетей общезаводской канализации, отсутствие дренажа вокруг территории предприятий отрасли и организованного отвода с нее грунтовых вод, особенно при наклонном рельефе местности, способствует загрязнению поверхностных и подземных водоисточников, размещенных не только в зоне деятельности этих производств, но и за ее пределами.

К приоритетным показателям, характеризующим влияние предприятий НП и НХ на водные объекты, относятся: органолептические показатели, показатели органического загрязнения, показатели общесолевого состава воды, содержание специфических ингредиентов: нефтепродуктов, бензола, толуола, изопропилбензола, альфаметилстирола, ксилола, фенола, неионогенных и анионактивных ПАВ и др. Основными загрязняющими веществами воды подземных водоисточников, способствующими риску развития неблагоприятных эффектов для здоровья населения, являются: бензол, изопропилбензол, нитраты, нефтепродукты, толуол, железо.

Выявленные проблемные вопросы, связанные с неблагоприятным влиянием объектов отрасли на поверхностные и подземные водоисточники, могут быть характерны и для других территорий РФ с развитой НП и НХ: в городах Кириши, Омске, Нижнем Новгороде, Перми, Волгограде, Самаре, Москве, Рязани, Саратове.

Выполненные исследования позволили оценить уровень загрязнения водных объектов и степень риска здоровью населения, разработать мероприятия по снижению техногенного влияния объектов НП и НХ. Разработанный комплекс мероприятий предложен к внедрению в систему Роспотребнадзора в виде методического документа.

Список литературы

1. Влияние объектов нефтедобычи и нефтепереработки на качество природных вод / А.А. Фаухутдинов, В.И. Сафарова, В.Ф. Ткачев [и др.] // Башкирский химический журнал. – 2008. – № 1 (15). – С. 87–93.

2. Исследование воздействия объектов нефтепереработки на гидрологическое состояние территорий [Электронный ресурс]. – URL: https://neftegaz.ru/science/ecology/331938-issledovanie-vozdeystviya-obektov-neftepererabotki-na-gidrologicheskoe-sostoyanie-territoriy/ (дата обращения: 23.08.2020).

3. Миграция нефтяных углеводородов в профиле прирусловых пойменных почв / И.Р. Галинуров, А.М. Сафаров, Ф.Х. Кудашева [и др.] // Вестник Башкирского университета. – 2011. – № 1 (16). – С. 47–50.

4. Оценка влияния предприятий нефтехимического комплекса на объекты окружающей среды / А.Р. Мухаматдинова, А.М. Сафаров, А.Т. Магасумова [и др.] // Георесурсы. – 2012. – № 8 (50). – С. 33–38.

5. Оценка воздействия нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности на эколого-гигиеническое состояние объектов окружающей среды и здоровье населения (обзор литературы) / З.Б. Бактыбаева, Р.А. Сулейманов, Т.К. Валеев [и др.] // Медицина труда и экология человека. – 2018. – № 4. – С. 12–26.

6. Подземные скопления нефтяных углеводородов в пойме р. Белой Республики Башкортостан / И.Р. Галинуров, А.М. Сафаров, Г.Ф. Шайдулина [и др.] // Башкирский химический журнал. – 2011. – № 4 (18). – С. 95–98.

Выделение приоритетных климато-географических факторов для включения в дальнейшую оценку риска здоровью населения (на примере территорий Крайнего Севера)

А.А. Хасанова

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

Предложены методические подходы к выделению приоритетных климатогеографических факторов, характерных для территорий Крайнего Севера, для включения в дальнейшую оценку риска, на основе проведения идентификации опасности с установлением количественных характеристик вероятных ответов со стороны здоровья человека. В качестве критериев включения фактора в список приоритетных рекомендуется использовать наличие параметров для оценки риска фактора / показателя и присутствие ответов на действие данного фактора / показателя в списке климаточувствительных заболеваний. С использованием предложенных подходов к приоритетным факторам для включения в дальнейшую оценку риска были отнесены температура воздуха, влажность, скорость ветра (в виде индекса нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ)), географическая широта и атмосферное давление (суточные перепады).

Ключевые слова: климатогеографические факторы, идентификация опасности, оценка риска, приоритетные факторы среды обитания.

Климатогеографические факторы являются важной составляющей среди факторов окружающей среды, так как во многом определяют комфортность условий проживания и образ занятий человека на протяжении всей его жизни. Данная группа факторов включает в себя географические и климатические факторы, которые являются неразрывно связанными между собой, так как географическое положение территории во многом определят характерный для нее климат и соответствующие климатические факторы. Так, для территорий, расположенных севернее 66°33′ с.ш. (территории Крайнего Севера), характерно наличие продолжительных и суровых зим, короткого и холодного лета, высокой влажности воздуха, резких перепадов атмосферного давления, высоких скоростей ветра, а также таких специфических

факторов как наличие полярной ночи и полярного дня. Адаптация человека к данным климатогеографическим факторам достигается путем напряжения и сложной перестройки гомеостатических систем организма, что приводит к возникновению предпатологических и патологических сдвигов, особенно в тех системах и органах, в которых наиболее полно задействованы резервы и выражены адаптивные перестройки [8, 15]. Таким образом, климатогеографические факторы могут формировать риск для здоровья населения, проживающего на территориях Крайнего Севера, обусловленный заболеваниями ряда органов и систем. Однако не все факторы могут быть оценены в связи с отсутствием параметров для их оценки, поэтому актуальным является проведение идентификации опасности (вредности) климатогеографических факторов, включающей в себя установление параметров, необходимых для их оценки, с последующим выделением приоритетных факторов для включения в дальнейшую оценку риска для здоровья населения.

Цель работы – идентификация и выделение приоритетных климатических и географических факторов для включения в дальнейшую оценку риска здоровью населения (на примере территорий Крайнего Севера).

Материалы и методы. В качестве анализируемых географических факторов для территорий Крайнего Севера были выбраны географическая широта, полярный день и полярная ночь, а климатических – температура атмосферного воздуха, влажность воздуха, скорость ветра, атмосферное давление и инсоляция. Для проведения идентификации опасности выбранных факторов проанализировано более 100 источников литературы, включающих в себя современные публикации результатов фундаментальных и прикладных научных исследований, включенных в общепризнанные системы цитирования (ВАК, Web of Science, Scopus, РИНЦ и пр.) и соответствующие критериям релевантности.

Установление соответствия ответов, полученных на этапе идентификации опасности, списку климаточувствительных заболеваний, проводилось в соответствии с МР 2.1.10.0057-12 «Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска» [10].

Результаты. По результатам проведенной идентификации опасности были установлены показатели, по которым целесообразно оценивать влияние на здоровье человека выбранных климатогеографических факторов Крайнего Севера, вероятные ответы со стороны здоровья на действие данных факторов / показателей и наличие параметров для дальнейшей оценки риска (количественных характеристик влияния данного фактора на здоровье человека).

Влияние фактора географической широты на здоровье человека целесообразно оценивать по разнице в расположении территорий проживания населения относительно экватора (в градусах северной широты (°с.ш.). Так, по данным ряда исследований, при сравнении показателей заболеваемости жителей Крайнего Севера (67–68º с.ш.) с заболеваемостью населения, проживающего в средней полосе России (54–56º с.ш.), где не действуют выраженные климатические и географические факторы, характерные для северных территорий, установлено превышение заболеваемости *детского населения* по классам болезней органов дыхания (J00–J99) – в 1,2 раза; болезней глаза и его придаточного аппарата (H00–H59) – в 1,8 раза; болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани (M00–M99) – в 6,7 раза; болезней эндокринной системы и расстройства питания у детского населения

(E00–E90) – в 8,4 раза. У *взрослого населения* – по классам болезней системы кровообращения (I00–I99) – в 1,3–1,6 раза; болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани (M00–M99) – в 2,5–2,6 раза; болезней органов дыхания (J00–J99) – в 1,5 раза; болезней глаза и его придаточного аппарата (H00–H59) – в 2,2–2,7 раза; болезней мочеполовой системы (N00-N99) в 2,6–2,4 раза, болезней органов пищеварения (K00–K93) – в 1,5 раза [11, 13]. Таким образом, установленные параметры влияния фактора географической широты позволяют оценить риск для здоровья населения, формируемый при проживании в условиях Крайнего Севера.

Полярный день и полярная ночь относятся к специфическим факторам Крайнего Севера, наличие которых обусловлено географическим положением территории. Наибольшее влияние на организм человека оказывает полярная ночь, так как в этот период не происходит поступления солнечного излучения, отсутствует четко выраженная смена дня и ночи, а также происходит непрерывное выхолаживание подстилающей поверхности. По результатам проведенной идентификации опасности наличие полярного дня и полярной ночи может оказывать влияние на органы дыхания, эндокринную систему, систему кровообращения и служить причиной напряжения психоэмоционального состояния (F00–F99), что подтверждается рядом исследований [7, 12, 14, 15]. Таким образом, полярная ночь и полярный день могут формировать риск для здоровья населения, обусловленный влиянием на ряд органов и систем организма, при этом большинство изменений являются адаптивными компенсаторно-приспособительным реакциями организма, что не позволяет установить необходимые параметры для проведения оценки риска. Однако, принимая во внимание тот факт, что наличие данных факторов обусловлено географической широтой, риски для здоровья населения, формирующиеся под влиянием полярного дня и полярной ночи, целесообразно оценивать в рамках фактора географической широты.

По результатам идентификации опасности фактора инсоляции было установлено, что его влияние на здоровье человека целесообразно оценивать по показателю ультрафиолетового излучения (УФ), так как именно данный вид излучения является наиболее биологически активной частью спектра солнечного излучения. Территории Крайнего Севера относятся к зоне повышенного ультрафиолетового дефицита, недостаток которого наиболее ощущается в периоде биологических сумерек, когда преобладает рассеянная ультрафиолетовая радиация. Дефицит УФ-излучения может формировать риск для здоровья населения, обусловленный болезнями эндокринной системы, в частности недостаточностью витамина D. При этом дефицит витамина D опосредованно оказывает влияние на структуру заболеваний различных органов и систем, приводя в том числе к дисбалансу эндокринной и иммунной систем, формированию метаболической остеопатии, а также некоторых сердечно-сосудистых заболеваний [9]. Установленные параметры для оценки показателя УФ не являются достаточными для дальнейшего проведения оценки риска, однако, в связи с тем что недостаток УФ в значительной степени определяется продолжительностью инсоляции и углом падения солнечных лучей, обусловленных географической широтой, целесообразно учитывать влияние данного фактора в рамках оценки риска, связанного с фактором географической широты.

Для фактора температуры атмосферного воздуха при проведении идентификации опасности было установлено, что для решения поставленных задач его

целесообразно оценивать по показателю среднегодовой температуры, так как он наиболее часто используется для характеристики климата территории, а также широко применяется в комплексных индексах для оценки влияния климатических факторов на здоровье населения. В условиях Крайнего Севера среднегодовая температура наибольшее влияние оказывает на формирование риска для здоровья населения, обусловленного болезнями органов дыхания. При этом влияние данного показателя выражается в развитии комплекса характерных адаптационных изменений органов дыхания, обусловленных сочетанным воздействием низкой температуры атмосферного воздуха и низкого абсолютного содержания в нем водяных паров [2]. Необходимо отметить, что на Севере относительная влажность вследствие низких температур во все времена года высока – 65–95 %, но абсолютное содержание влаги в воздухе при низких отрицательных температурах ничтожно мало, так как низкие температуры обусловливают малое содержание влаги в атмосфере – в среднем 1–3 г/м.

При идентификации опасности фактора влажности воздуха было установлено, что для его оценки используются показатели абсолютной и относительной влажности воздуха. При этом для выделения ответов со стороны организма человека применяется показатель абсолютной влажности воздуха, а показатель относительной влажности воздуха используется в комплексных индексах оценки влияния климатических факторов на организм человека. По результатам анализа данных научной литературы установлено, что климатический фактор влажности воздуха может формировать риск для здоровья населения, обусловленный болезнями органов дыхания [11]. Однако для территорий Крайнего Севера влажность воздуха обусловлена в том числе низкими температурами, поэтому целесообразно оценивать данный фактор в рамках комплексного индекса оценки влияния климатических факторов на здоровье человека, включающего в себя несколько климатических факторов.

По результатам идентификации опасности климатического фактора скорости ветра было установлено, что в качестве показателя для оценки его влияния на здоровье целесообразно использовать показатель скорости приземного ветра в метрах в секунду (м/с). Для жителей территорий Крайнего Севера данный фактор может формировать риск для здоровья населения, обусловленный болезнями органов дыхания. Так, для северных территорий, характеризующихся низкими температурам, одним из основных эффектов влияния скорости ветра является охлаждающий эффект, оказывающий нагрузку в том числе на дыхательную систему. При этом чем выше относительная влажность воздуха и скорость ветра, тем более выражен охлаждающий эффект и тем большая нагрузка осуществляется на органы дыхания. По данным исследований, каждая единица скорости ветра (м/с) условно приравнивается к понижению температуры воздуха на два градуса [8].

В связи с тем что влияние скорости ветра на организм человека в условиях Крайнего Севера неразрывно связано с температурой и влажностью воздуха, необходимо проводить оценку их комплексного влияния на здоровье человека. Для этого целесообразно использовать интегральные (комплексные) климатические индексы, одновременно характеризующие несколько факторов. Для задач данного исследования был выбран индекс нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ). Его выбор обусловлен тем, что по результатам исследований данный индекс является наиболее подходящим для описания суровости биоклиматических

условий северных территорий с точки зрения их влияния на здоровье человека [4], а также данный индекс получил высокую оценку по результатам ранжирования ряда индексов, используемых в мировой практике для характеристики нагрузки климатических условий на организм человека. НЭЭТ является комплексным показателем теплоощущений человека, защищенного летней одеждой одного типа, и складывается под влиянием трех метеорологических факторов: температуры воздуха, влажности воздуха и скорости ветра.

По результатам расчета коэффициента корреляции между значениями НЭЭТ для средних месяцев основных сезонов (января и июля), а также среднегодовой величиной и показателями заболеваемости населения, выявленном в исследовании Е.А. Григорьевой [5], была установлена высокая обратная корреляция для всей заболеваемости в зависимости от среднегодовой величины НЭЭТ и для болезней органов дыхания (–0,81). Умеренная теснота связи обнаружена для болезней системы кровообращения в зависимости от значений НЭЭТ летом (–0,54); для болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушения обмена веществ выявлена высокая детерминированность от январских температур (–0,70) и умеренная – от среднегодовых НЭЭТ (–0,64). Высокая теснота связи с ощущаемыми температурами атмосферного воздуха в летний период показана и для психических расстройств, и расстройств поведения (–0,72). Таким образом, в рамках настоящего исследования для оценки влияния факторов температуры атмосферного воздуха, влажности воздуха и скорости ветра наиболее информативным является индекс НЭЭТ, в качестве параметров для оценки которого используется связь с болезнями органов дыхания, системы кровообращения, эндокринной системы и психическими расстройствами.

Влияние фактора атмосферного давления на здоровье человека для достижения целей настоящего исследования целесообразно оценивать по показателю суточных перепадов атмосферного давление, так как именно он является наиболее информативным в отношении наличия параметров для оценки риска. Данный показатель может формировать риск для здоровья населения, обусловленный болезнями системы кровообращения, вызывая в том числе нарушение функций сердечно-сосудистой системы (изменение артериального давления, возникновение сосудистых кризов и внутренних кровоизлияний и пр.) [1, 6]. По результатам исследования В.И. Хаснулина [3], в котором был проведен расчет частоты вызовов по поводу гипертонического криза, инфаркта миокарда, острых нарушений мозгового кровообращения в сутки на 1000 жителей, была определена корреляционная зависимость частоты вызовов скорой медицинской помощи к больным с перечисленными сердечно-сосудистыми заболеваниями от основных изменяющихся метеорологических факторов. Показано, что увеличение количества вызовов скорой помощи к пациентам с гипертоническими кризами наблюдалось при увеличении суточной амплитуды атмосферного давления [3]. Таким образом, установленные параметры влияния фактора атмосферного давления, а именно такого его показателя, как суточные перепады, позволяют оценить риск для здоровья населения, формируемый при проживании в условиях Крайнего Севера.

После проведения идентификации опасности выбранных для анализа климатических и географических факторов, на основе полученных данных было проведено определение их приоритетности для включения в дальнейшую оценку риска. Критериями для включения в список приоритетных климатогеографических факто-

ров было наличие параметров для оценки риска фактора / показателя и присутствие ответов на действие данного фактора / показателя в списке климаточувствительных заболеваний (таблица).

Выделение приоритетных климатогеографических факторов для включения в дальнейшую оценку риска для здоровья населения Крайнего Севера

Оцениваемый фактор / показатель		Наличие параметров для оценки риска фактора / показателя	Вероятные ответы на воздействие фактора (коды классов болезней по МКБ-10)	Наличие ответов в списке климаточувствительных заболеваний	Включен / исключен из дальнейшей оценки риска
Географическая широта		Есть	Для детей: – J00–J99 – H00–H59 – M00–M99 – E00–E90	 Есть Нет Нет Есть	Включен
			Для взрослых: – J00–J99 – I00–I99 – M00–M99 – H00–H59 – N00–N99 – K00–K93	 Есть Есть Нет Нет Нет Нет	
Полярный день, полярная ночь		Недостаточный набор параметров для оценки риска	– J00–J99 – E00–E90 – I00–I99 – F00–F99	Есть Есть Есть Есть	Включен в рамках оценки риска фактора географической широты
Температура	Среднегодовая температура воздуха	Установлены параметры для оценки комплексного влияния факторов	– J00–J99	Есть	Включен в рамках индекса НЭЭТ
Влажность воздуха	Абсолютная влажность воздуха		– J00–J99	Есть	Включен в рамках индекса НЭЭТ
	Относительная влажность				
Скорость ветра			– J00–J99	Есть	Включен в рамках индекса НЭЭТ
Индекс нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ)		Есть	– J00–J99 – I00–I99 – E00–E90 – F00–F99 – S00–T98	Есть Есть Есть Есть Есть	Включен
Атмосферное давление	Суточные перепады атмосферного давления	Есть	– I00–I99	Есть	Включен
Инсоляция	УФ	Недостаточный набор параметров для оценки риска	– E00–E90	Есть	Включен в рамках оценки риска фактора географической широты

Таким образом, в соответствии с предложенными критериями к приоритетным факторам для включения в дальнейшую оценку риска для здоровья населения Крайнего Севера была отнесена географическая широта, которая может формиро-

вать риск для здоровья населения, обусловленный болезнями органов дыхания, эндокринной системы и системы кровообращения. В связи с недостаточным набором параметров для оценки риска факторы инсоляции и полярного дня / полярной ночи также будут оцениваться в рамках оценки риска фактора географической широты. К приоритетным факторам также было отнесено атмосферное давление (показатель суточных перепадов атмосферного давления), который может формировать риск для здоровья населения, обусловленный болезнями системы кровообращения. Комплексное воздействие температуры, влажности и скорости ветра, оцениваемые в рамках индекса нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ), также включены в список приоритетных факторов и могут быть причиной формирования риска для здоровья населения, обусловленного болезнями органов дыхания, системы кровообращения, эндокринной системы, а также психических расстройств и травм, отравлений и некоторых других последствий воздействия внешних причин.

Выводы. По результатам проведенной идентификации опасности (вредности) климатогеографических факторов Крайнего Севера, а также в соответствии с предложенными критериями к приоритетным факторам для включения в дальнейшую оценку риска для здоровья населения были отнесены температура воздуха, влажность, скорость ветра (в виде индекса нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ)), географическая широта и атмосферное давление, которое будет оцениваться по показателю суточных перепадов атмосферного давления. Данные факторы / показатели могут формировать риск для здоровья населения, обусловленный болезнями органов дыхания, системы кровообращения, эндокринной системы, а также психических расстройств и травм, отравлений и некоторых других последствий воздействия внешних причин.

Список литературы

1. Беляева В.А. Влияние факторов космической и земной погоды на частоту вызовов скорой медицинской помощи к пациентам с острым нарушением мозгового кровообращения // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 76–82.

2. Величковский Б.Т. Причины и механизмы снижения коэффициента использования кислорода в легких человека на Крайнем Севере // Биосфера. – 2009. – С. 213–217.

3. Влияние метеорологических факторов в различные сезоны года на частоту возникновения осложнений гипертонической болезни у жителей Новосибирска / В.И. Хаснулин, В.В. Гафаров, М.И. Воевода [и др.] // Экология человека. – 2015. – № 7. – С. 3–8.

4. Григорьева Е.А. Биоклиматические особенности территории как ресурс развития туризма // Регионы нового освоения: экологическая политика в стратегии развития: материалы международ. конф., г. Хабаровск, 1–3 октября 2013 г. Хабаровск. – 2013. – С. 334–340.

5. Григорьева Е.А. Климатическая дискомфортность Дальнего Востока России и заболеваемость населения // Региональные проблемы. – 2018. – Т. 21, № 2. – С. 105–112.

6. Григорьева Е.А., Кирьянцева Л.П. Кардиореспираторная патология, вызываемая сезонными изменениями погоды, и меры по ее профилактике // Здоровье населения и среда обитания: информ. бюллетень. – 2016. – № 2. – С. 7–10.

7. Гудков А.Б. Изменения легочных объемов у жителей Крайнего Севера в периоды полярного дня и полярной ночи // Экология человека. – 2013. – № 4. – С. 3–7.

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

9. Дудинская Е.Н., Ткачева О.Н. Роль витамина D в развитии артериальной гипертензии // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2012. – Т. 3, № 11. – С. 77–81.

10. МР 2.1.10.0057-12. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 48 с.

11. Петров В.Н. Особенности влияния парциального градиента плотности кислорода в атмосферном воздухе на состояние здоровья населения, проживающего в Арктической зоне РФ // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2015. – № 22. – С. 82–92.

12. Пушкина В.Н. Хронофизиологические показатели функционального состояния организма студентов в условиях Приполярья: автореф. дис. … д-ра биол. наук. – Архангельск, 2013. – 37 с.

13. Терещенко П.С., Петрова В.Н. Вероятная причина заболеваемости населения проживающего в районах Арктики // Труды Кольского научного центра РАН. – 2018. – С. 145–150.

14. Типисова Е.В. Эндокринный профиль мужского населения России в зависимости от географической широты проживания // Экология человека. – 2016. – № 2. – С. 36–41.

15. Хаснулин В.И. Введение в полярную медицину. – Новосибирск: СО РАМН, 1998. – 320 с.

Раздел III

Оценка качества безопасности пищевой продукции

Риски здоровью населения Омской области при воздействии вредных химических веществ, загрязняющих продовольственное сырье и продукты питания

И.Г. Винокурова[1], Е.Л. Овчинникова[1,2], Е.В. Дондукова[1]

[1]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области»,
[2]ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России,
г. Омск, Россия

Проведена оценка риска здоровью населения Омской области при воздействии химических контаминантов продовольственного сырья и продуктов питания по группам продуктов и отдельным химическим веществам. Для исследования использовались многолетние данные результатов лабораторных исследований, полученных в рамках межведомственной системы мониторинга качества и безопасности пищевых продуктов. Цель исследования – оценить риски здоровью населения Омской области с учетом территории производства продукции, выявить приоритетные химические загрязняющие вещества в пищевых продуктах.

В ходе исследования получены данные о формировании недопустимых канцерогенных и неканцерогенных рисков здоровью населения Омской области, связанных с воздействием мышьяка (молочные продукты и овощи) и наличием нитратов в плодоовощной продукции. Установлено, что для Омской области характерны более высокие концентрации мышьяка в зерне, молочных и мясных продуктах, плодоовощной продукции по сравнению с другими регионами. Проведен анализ неопределенностей.

Ключевые слова: пищевые продукты, продовольственное сырье, оценка риска здоровью, социально-гигиенический мониторинг.

В Омской области с 2001 г. проводится межведомственный мониторинг качества и безопасности пищевых продуктов и здоровья населения в соответствии со статьей 14 Федерального закона Российской Федерации № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов, здоровья населения». В рамках созданной мониторинговой системы в региональный информационный фонд показателей и данных социально-гигиенического мониторинга поступают данные ведомств – участников мониторинга: бюджетного учреждения Омской области «Омской областной ветеринарной лаборатории», ФГБУ «Омский референтный центр Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору», ФГБУ «Центра агрохимической службы “Омский”», лабораторий Центра гигиены и эпидемиологии в Омской области.

Оценка риска здоровью населения Омской области от химической контаминации продовольственного сырья и продуктов питания проводится ежегодно на основе результатов испытаний всех ведомств участников[1] в соответствии с «Руко-

[1] Оценка риска проведена аккредитованным органом инспекции ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Омской области» (Аттестат аккредитации ОИ № RA.RU. 710032. Дата внесения сведений в реестр аккредитованных лиц 24.04.2015 г.).

водством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920-04).

Для данного исследования был взят период наблюдения – 2010–2019 гг. На химические показатели безопасности исследовались следующие группы продуктов: мясо и мясопродукты, птица, яйца; молоко и молочные продукты; рыба и рыбопродукты; зерно, крупяные и хлебобулочные изделия; сахар и кондитерские изделия; плодоовощная продукция; масло растительное. Данные объемов потребления основных групп продуктов населением Омской области были предоставлены Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики (Омскстатом).

В среднем ежегодно в рамках межведомственного мониторинга проводится более 30 тыс. исследований продовольственного сырья и пищевых продуктов.

Из числа отобранных продуктов – более трети (36,3 %) приходиться на местное производство, из продовольственного сырья, полученного на территории Омской области; 44,7 % – на другие регионы Российской Федерации и 19,0 % составляют импортные продукты. Наибольшую долю собственной (Омской) продукции составляют молочные продукты (71,4 %), мясная продукция (65,4 %), зерно (45,0 %), в меньшей степени плодоовощная продукция (20,0 %).

Пищевая продукция в основном исследуется на 12 химических веществ, среди которых пять канцерогенов.

На протяжении десятилетнего периода с 2010 по 2019 г. среднее годовое значение индивидуального канцерогенного риска, связанного с контаминацией пищевых продуктов химическими веществами на территории Омской области, составило $5{,}39 \cdot 10^{-4}$ и на протяжении всего периода оценивалось как выше допустимого (приемлемого) (рисунок). Средний годовой уровень снижения риска составил –7,2 %, а в целом за десятилетний период уровень канцерогенного риска снизился на –52,5 %, что, однако, не позволило выйти на допустимый риск.

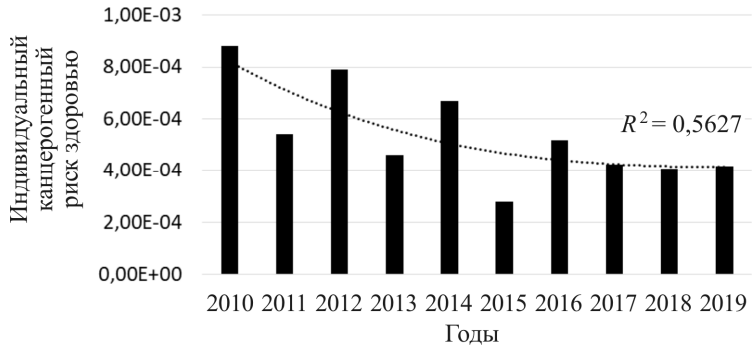


Рис. Динамика индивидуального канцерогенного риска здоровью населения, связанного с контаминацией пищевых продуктов химическими веществами, на территории Омской области

За последние три года показатель канцерогенного риска был на уровне $4{,}16 \cdot 10^{-4}$. Неприемлемый уровень канцерогенного риска был обусловлен значениями риска, превышающими допустимый диапазон по мышьяку в молочных продуктах и овощах (табл. 1).

Таблица 1

Значения индивидуального канцерогенного риска по группам продуктов и отдельным контаминантам. Омская область

Контаминант	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Средне-многолетний	Темп прироста / снижения, %
Мясо и мясные продукты					
Свинец	2,0E-06	1,8E-06	2,2E-06	2,0E-06	+6,0
Мышьяк	3,0E-05	3,2E-05	2,4E-05	2,9E-05	–11,2
Кадмий	3,3E-06	2,4E-06	3,7E-06	3,1E-06	+6,6
ДДТ	1,1E-06	3,5E-06	4,1E-07	1,7E-06	–20,2
ОБЩИЙ	3,7E-05	3,9E-05	3,0E-05	3,5E-05	–9,1
Молоко и молочные продукты					
Свинец	5,0E-06	5,7E-06	6,3E-06	5,7E-06	+10,8
Мышьяк	**1,3E-04**	**1,1E-04**	8,9E-05	**1,1E-04**	–19,0
Кадмий	8,2E-06	7,1E-06	9,0E-06	8,1E-06	+5,1
ДДТ	6,3E-06	5,0E-06	2,1E-06	4,5E-06	–47,7
ОБЩИЙ	**1,5E-04**	**1,3E-04**	**1,1E-04**	**1,3E-04**	–17,2
Рыба и рыбные продукты					
Свинец	6,8E-07	8,3E-07	9,5E-07	8,2E-07	+16,5
Мышьяк	5,7E-06	4,4E-05	5,2E-05	3,4E-05	+68,5
Кадмий	1,6E-06	1,7E-06	2,1E-06	1,8E-06	+13,2
ДДТ	1,2E-06	3,2E-06	8,0E-08	1,5E-06	–38,3
ОБЩИЙ	9,2E-06	4,9E-05	5,5E-05	3,8E-05	+60,4
Зерно					
Свинец	1,4E-05	1,5E-05	4,0E-06	1,1E-05	–45,0
Мышьяк	3,1E-05	3,4E-05	2,6E-05	3,0E-05	–8,6
Кадмий	2,2E-05	2,3E-05	1,1E-05	1,9E-05	–27,4
ДДТ	2,7E-06	1,9E-06	3,2E-06	2,6E-06	+10,6
Гексахлорбензол	6,8E-06	8,1E-06	3,4E-06	6,1E-06	–27,8
ОБЩИЙ	7,6E-05	8,1E-05	4,8E-05	6,9E-05	–20,5
Сахар и кондитерские изделия					
Свинец	4,2E-06	3,6E-06	1,2E-06	3,0E-06	–51,0
Мышьяк	1,1E-05	1,1E-05	9,4E-06	1,1E-05	–9,5
Кадмий	4,1E-06	3,5E-06	1,1E-06	2,9E-06	–52,7
ДДТ	5,4E-07	3,9E-07	8,2E-08	3,4E-07	–67,7
ОБЩИЙ	2,0E-05	1,8E-05	1,2E-05	1,7E-05	–25,5
Плодоовощная продукция					
Свинец	1,5E-05	7,0E-06	5,3E-06	9,2E-06	–54,9
Мышьяк	7,9E-05	6,2E-05	**1,3E-04**	8,9E-05	+26,3
Кадмий	1,2E-05	5,8E-06	7,2E-06	8,3E-06	–28,7
ДДТ	1,5E-05	2,5E-06	1,9E-05	1,2E-05	+17,2
ОБЩИЙ	**1,2E-04**	7,7E-05	**1,6E-04**	**1,2E-04**	+15,2
Масличное сырье и жировые продукты					
Свинец	2,6E-06	2,7E-06	4,9E-07	1,9E-06	–54,8
Мышьяк	4,2E-06	5,3E-06	3,4E-06	4,3E-06	–9,4
Кадмий	3,4E-06	3,0E-06	1,4E-06	2,6E-06	–38,5
ДДТ	3,2E-07	1,8E-07	3,3E-06	1,3E-06	+117,8
ОБЩИЙ	1,1E-05	1,1E-05	8,6E-06	1,0E-05	–9,5

Окончание табл. 1

Контаминант	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Средне-многолетний	Темп прироста / снижения, %
Всего					
Свинец	4,4E-05	3,7E-05	2,0E-05	3,4E-05	–34,8
Мышьяк	**2,9E-04**	**3,0E-04**	**3,3E-04**	**3,1E-04**	+5,9
Кадмий	5,4E-05	4,6E-05	3,6E-05	4,5E-05	–20,1
ДДТ	2,7E-05	1,7E-05	2,8E-05	2,4E-05	+2,4
Гексахлорбензол	6,8E-06	8,1E-06	3,4E-06	6,1E-06	–27,8
ОБЩИЙ	**4,2E-04**	**4,1E-04**	**4,2E-04**	**4,2E-04**	–0,9

Основной вклад в канцерогенный риск от химической контаминации пищевых продуктов внесли мышьяк (79,0 %), кадмий (8,6 %), ДДТ (6,8 %), свинец (4,9 %), гексахлорбензол (0,8 %).

Наибольшее количество канцерогенов поступает с овощами (вклад 37,7 %), молочными продуктами (25,5 %), рыбой (13,2 %), зерном (11,6 %), в меньшей степени с мясом (7,2 %), кондитерскими изделиями (2,8 %), маслом (2,1 %).

Риск развития неканцерогенных эффектов рассчитывался по величине индекса опасности для 10 химических веществ (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть, ГХЦГ, ДДТ, гексахлорбензол, нитраты, нитриты, афлатоксин В1).

Неприемлемый уровень неканцерогенного риска, за весь десятилетний период наблюдений в основном был обусловлен повышенными значениями коэффициентов опасности для мышьяка в молочных продуктах, для нитратов в овощах, среднегодовые значения которых составили: для мышьяка – 1,9, для нитратов – 1,15. Коэффициенты опасности от поступления остальных веществ не превышают 1,0 и оцениваются как приемлемые.

С учетом совместного действия химических контаминантов на органы-мишени, эффектов суммации и потенцирования был зарегистрирован максимальный риск возникновения патологических эффектов со стороны эндокринной системы (*HI* = 3,19), сердечно-сосудистой системы (*HI* = 2,7), центральной нервной системы (*HI* = 2,37), пищеварительной системы (*HI* = 2,3), иммунной системы (*HI* = 2,08), кожи (*HI* = 1,7), системы крови и кроветворных органов (*HI* = 1,4).

Анализ среднегодовых концентраций химических контаминантов показал отсутствие превышений гигиенических нормативов, за исключением единичных случаев превышения содержания нитратов в плодоовощной продукции.

При сравнительном анализе среднегодовых концентраций в разрезе территорий установлено, что для Омской области характерны более высокие концентрации мышьяка в зерне, молочных и мясных продуктах, плодоовощной продукции (табл. 2).

Таблица 2

Среднее многолетнее содержание мышьяка в исследованной пищевой продукции (мг/кг) за 2017–2019 гг. Омская область

Группа продуктов	Среднее многолетнее содержание мышьяка в продукции (мг/кг)		
	Омская область	Другие регионы РФ	Импортная продукция
Зерно	0,0151	0,0037	0,0160
Молоко и молочные продукты	0,0027	0,0012	0,0
Мясо и мясные продукты	0,0224	0,0104	Не отбиралась
Плодоовощная продукция	0,0104	0,0054	0,0032

В научной литературе сообщается об уровнях содержания неорганического мышьяка в различных видах пищевых продуктов, при этом наиболее высокие уровни содержания мышьяка (во всех его формах) определяются в морепродуктах, рисе, грибах, продуктах из птицы. Имеются также сообщения об обнаружении неорганического мышьяка в тканях крупного рогатого скота, что связывают с использованием ветеринарных лекарственных препаратов и кормовых добавок [3].

В отношении остальных токсических веществ – их содержание в омских продуктах не превышало средние таковые значения в продукции, производимой на других территориях. Превышение гигиенических нормативов по содержанию нитратов было установлено в единичных случаях для некоторых овощей из южных регионов Российской Федерации.

Анализ неопределенностей. По результатам проведенных исследований 13,2 % оказались ниже чувствительности используемых приборов (табл. 3).

Таблица 3

Химические контаминанты пищевых продуктов и продовольственного сырья, анализируемые при проведении оценки риска здоровью населения Омской области в 2019 г.

Наименование вещества	Число исследований	Число исследований ниже ПЗО	Доля исследований ниже ПЗО, %
Свинец	3279	39	1,2
Мышьяк	3249	256	7,9
Кадмий	3427	256	7,5
Ртуть	3104	256	8,2
ГХЦГ	2826	799	28,3
ДДТ	2525	644	25,5
Гексахлорбензол	407	71	17,4
Нитраты	888	0	0,0
Нитриты	208	0	0,0
Афлатоксины В1, М1	1195	485	40,6
Медь	98	0	0,0
Цинк	18	0	0,0
Всего	21224	2806	13,2

Обработка величин ниже предельных значений обнаружений измерительных приборов проводилась в соответствии со «Справочным документом по общим принципам мониторинга» Института по исследованию перспективных технологий Европейского бюро по комплексному предотвращению и контролю загрязнений окружающей среды [1]. В соответствии с документом предлагаются следующие варианты обработки:

- вычисления с использованием измеренной абсолютной величины;
- вычисления с использованием предела обнаружения;
- вычисления с использованием половины (или, возможно, другой заранее оговоренной доли) величины предела обнаружения;
- процентный метод, т.е. вычисления с использованием следующей оценки:

$$\text{Оценка} = (100\ \% - A) \cdot \text{ПЗО},$$

где ПЗО – предельное значение обнаружения прибора; А – процент образцов, для которых получено значение ниже ПЗО;

- вычисления с использованием нуля.

При обработке значений концентраций ниже чувствительности используемых приборов применялся метод вычисления с использованием половины величины, процентный метод и вычисления с использованием нуля в случаях, когда более 95,0 % полученных концентрации были ниже предельного значения обнаружения прибора.

По ряду концентраций веществ, использованных в оценке риска, отмечается высокий процент значений ниже чувствительности использованных приборов. В таких группах продуктов, как мясо, сахар, овощи, исследования на афлотоксин в 100 % случаев составили ниже ПЗО, в рыбе ГХЦГ и ДДТ также 100 % исследований были ниже ПЗО.

Данные обстоятельства могут снижать достоверность полученных результатов в сторону уменьшения значений канцерогенного риска.

Характеристика индивидуального риска давалась без учета вариабельности индивидуальных особенностей отдельных членов популяции, подверженной влиянию факторов техногенно загрязненной среды обитания.

Таким образом, на протяжении длительного периода наблюдения за качеством и безопасностью продовольственного сырья и пищевых продуктов в условиях межведомственной мониторинговой системы и большого количества лабораторных исследований регистрировался устойчивый недопустимый риск здоровью населения Омской области, связанный с воздействием мышьяка (молочные продукты и овощи) и наличием нитратов в плодоовощной продукции. И если воздействие мышьяка в основном обусловлено местной геохимической спецификой региона [2] и, соответственно, более высоким содержанием мышьяка в продуктах, чем в продуктах других регионов РФ, то более высокие концентрации нитратов в плодоовощной продукции в основном были характерны для продукции из других регионов.

Список литературы

1. Справочный документ по общим принципам мониторинга Комплексное предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды: справочный документ по наилучшим доступным технологиям [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/fd7/monitoring_1303.pdf (дата обращения: 09.04.2020).

2. Трошина Е.Н. Экологическая оценка загрязнения атмосферного воздуха и почв г. Омска тяжелыми металлами для обоснования мониторинга: автореф. дис. … канд. биол. наук. – Омск, 2009. – 16 с.

3. Безопасность пищевой продукции: новые проблемы и пути решения / С.А. Хотимченко, В.В. Бессонов, О.В. Багрянцева [и др.] // Медицина труда и экология человека. – 2015. – № 4. – С. 7–14.

Оценка качества безопасности пищевой продукции

Ю.О. Чечекова

Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Камчатском крае в Мильковском, Быстринском, Усть-Камчатском и Алеутском районах», с. Мильково, Россия

В мировом сообществе в настоящее время уточняются приоритеты в оценке безопасности. Если ранее риски, связанные с безопасностью, оценивались только с точки зрения загрязнения пищи, то сейчас ученые во всем мире пришли к выводу, что надо оценивать не только уровень загрязнения пищевых продуктов, но и структуру питания населения (недостаток, избыток или дисбаланс пищевых веществ в рационе).

Ключевые слова: оценка качества, пищевые продукты, токсические вещества, безопасность, гигиена питания.

Безопасность пищевых продуктов в настоящее время выходит за рамки сферы гигиены питания и токсикологии, она связана с такими областями, как пищевая промышленность, сельское хозяйство, торговля и логистика, домашнее питание. Контроль безопасности пищевой продукции связан и с экономическими (производство и торговля), и с политическими (продовольственная безопасность страны) аспектами. Безопасность пищевых продуктов можно трактовать как отсутствие токсического, канцерогенного, тератогенного, мутагенного или иного неблагоприятного действия продуктов на организм человека при их употреблении в общепринятых количествах. Безопасность гарантируется соблюдением регламентируемого уровня содержания (т.е. отсутствия или ограничения допустимой концентрации) загрязнителей химической и биологической природы, а также природных токсических веществ, характерных для данного продукта и представляющих опасность для здоровья человека [1–7].

К контаминантам пищи в настоящее время относится достаточно большой спектр веществ химической (токсичные элементы, пестициды, нитрозоамины, полихлорированные бифенилы и т.д.), биологической (плесневые микроскопические грибы и микотоксины, бактерии и бактериальные токсины, дрожжи, токсины морепродуктов и пр.) и физической (механические частицы, радиация и т.д.) природы, при этом на одно из первых мест выходят микробиологические риски.

Кроме того, разработка и внедрение новых технологий в пищевой промышленности может стать причиной новых рисков, связанных с питанием. Например, при производстве некоторых видов пищевых продуктов может образовываться акриламид, обладающий токсичностью.

Структура питания напрямую влияет на здоровье человека. Так, в настоящее время в рационе питания населения России наблюдается избыточное количество углеводов и жиров, прежде всего жиров животного происхождения, при одновременном недостатке ряда витаминов (витаминов С, B_2, фолиевой кислоты, каротина и некоторых других), макро- и микроэлементов (кальция, железа, йода, селена) и пищевых волокон. Все это является существенным фактором риска развития ряда

заболеваний, в том числе ожирения и различных форм нарушения жирового обмена, атеросклероза, остеопороза, железодефицитной анемии, некоторых онкологических заболеваний и т.д. Так, в корма для птицы и крупного рогатого скота добавляют много разнообразных веществ, например гормональный препарат диэтилстильбыстрол, чтобы животные были здоровы и быстрее росли. Однако этот препарат вызывает рак у детей, рожденных женщинами, принимавшими его в период беременности. Есть данные и о том, что он увеличивал угрозу развития рака и у самих женщин.

С точки зрения попадания токсических веществ в пищевые продукты представляет опасность загрязнение окружающей среды промышленными отходами, а также расширение использования химикатов в сельском хозяйстве. Органами санитарного надзора установлены жесткие нормы содержания токсических элементов в пищевом сырье и готовых продуктах. Потребление недоброкачественных по тем или иным критериям продуктов питания может привести к пищевым отравлениям. Пищевые отравления могут быть микробного и немикробного происхождения. Отравления, вызванные живыми микробами (сальмонеллой, кишечной палочкой и условно-патогенными микроорганизмами), попавшими в организм с пищей, называют пищевыми токсикоинфекциями. При этих заболеваниях образование микроорганизмами яда (токсина) происходит в организме. Отравления, вызванные ядами, накопившимися в пище в процессе жизнедеятельности бактерий, называют бактериальными токсикозами. К ним относят ботулизм и стафилококковое отравление.

Пищевые отравления немикробного происхождения могут вызывать:

- продукты, ядовитые по своей природе, – грибы, ядра косточковых плодов, сырая фасоль, некоторые виды рыб;
- продукты, временно ядовитые, – позеленевший картофель, рыба в период нереста;
- ядовитые примеси – тяжелые металлы (цинк, свинец, медь, мышьяк).

К токсическим веществам относятся:

- природные токсиканты (биогенные амины – серотонин, тирамин, гистамин, обладающие сосудосуживающим эффектом; цианогенные гликозиды; кумарины);
- загрязнители, появляющиеся в пище в результате воздействия загрязненной внешней среды или при нарушении норм выращивания растений или кормления животных, а также при нарушении технологической обработки или условий хранения.

Загрязнителями токсического действия являются: токсичные элементы (ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, цинк, медь, олово, железо), микотоксины, пестициды, нитраты, нитриты. Наибольшую опасность представляют собой ртуть, свинец и кадмий.

Ртуть – токсичный яд кумулятивного действия (т.е. способный накапливаться). Из продуктов животного происхождения ртуть содержится в мясе хищных рыб, таких как тунец, в почках животных – до 0,2 мг/кг. Из растительных продуктов ртути больше всего содержится в орехах, какао-бобах и шоколаде – до 0,1 мг/кг. В большинстве остальных продуктов содержание ртути не превышает 0,01–0,03 мг/кг.

Свинец – яд высокой токсичности. Его естественное содержание в растительных и животных продуктах обычно не превышает 0,5–1 мг/кг. Больше всего

свинца обнаруживают в мясе хищных рыб (тунца – до 2 мг/кг), моллюсках и ракообразных (до 10 мг/кг). Чаще всего повышенное содержание свинца наблюдается в консервах, хранящихся в сборной жестяной таре. Жестяные банки спаивают сбоку и с крышкой припоем, содержащим определенное количество свинца. Продукты в такой таре не рекомендуется хранить более пяти лет. Сильное загрязнение свинцом происходит от сгорания этилированного бензина. Тетраэтилсвинец, добавляемый в количестве около 0,1 % в бензин для повышения октанового числа, весьма летуч и более токсичен, чем сам свинец и его неорганические соединения. Тетраэтилсвинец легко попадает в почву и загрязняет пищевые продукты. Поэтому продукты, выращенные вдоль автострад, содержат повышенное количество свинца.

Весьма токсичный элемент – *кадмий*. Его естественный уровень в пищевых продуктах примерно в 5–10 раз ниже, чем уровень свинца. Повышенные концентрации кадмия наблюдаются в какао-порошке (до 0,5 мг/кг), почках животных (до 1 мг/кг) и рыбе (до 0,2 мг/кг). Содержание кадмия велико в консервах, хранящихся в сборной жестяной таре, поскольку он, как и свинец, содержится в припое.

Микотоксины – это продукты метаболизма плесневых грибов, обладающие токсическим эффектом в чрезвычайно малых количествах. Грибами, образующими микотоксины, в основном поражаются растительные продукты. Оптимальные температура для развития плесневых грибов – около 30 °С, влажность – около 85 %. Если продукты при хранении в таких условиях покрываются плесенью, то их необходимо уничтожить, так как токсины плесени диффундируют вглубь весьма интенсивно, а визуально степень их проникновения установить невозможно. Один из наиболее опасных микотоксинов – афлатоксин, обладающий как токсическим, так и канцерогенным действием. Наиболее изучены пять основных представителей афлатоксинов. Афлатоксины чаще всего встречаются в арахисе и кукурузе. Другой часто встречающийся микотоксин – патулин, он также обладает канцерогенным действием и чаще всего содержится в заплесневелых яблоках, облепихе, других фруктах, плодах, овощах и ягодах, а также соках, джемах, приготовленных из заплесневелых плодов. В зерновых продуктах встречается зеараленон и дезоксивинилваленол. Из животных продуктов микотоксины обнаруживаются только в молоке в случаях, когда коровы съедают плесневелые корма.

Пестициды (ядохимикаты) – это химические вещества, применяемые в сельском хозяйстве для защиты культурных растений от сорняков, вредителей и болезней. При правильном применении остаточное количество пестицидов в продуктах не превышает предельно допустимой концентрации. Однако при нарушении сроков опрыскивания и превышении дозы пестициды могут содержаться в продуктах в повышенных концентрациях. Значительная часть пестицидов накапливается на поверхности фруктов и овощей, поэтому необходимо тщательно их мыть, снимать с них кожицу, если нет уверенности в том, что эти продукты не были обработаны.

Нитраты, или соли азотной кислоты, при потреблении в повышенных количествах (допустимая суточная доза нитратов для взрослого – 325 мг) в пищеварительном тракте человека частично восстанавливаются до нитритов, а последние

при поступлении в кровь могут вызвать метгемоглобинемию. Кроме того, из нитритов в присутствии аминов могут образовываться нитрозамины, обладающие канцерогенной активностью. Повышенное содержание нитратов вызывает тошноту, одышку, посинение кожных покровов и слизистых, понос. Сопровождается все это общей слабостью, головокружением, болями в затылочной области, сердцебиением. Источниками нитратов являются растительные продукты и вода, причем недозрелые кабачки, баклажаны, картофель, а также овощи раннего созревания могут содержать нитратов больше, чем достигшие нормальной уборочной зрелости. Концентрация нитратов в овощах может резко увеличиваться при неправильном применении азотистых удобрений. Наиболее высоким содержанием нитратов отличаются зеленые листовые овощи: салат, ревень, петрушка, шпинат, щавель. Много нитратов может накапливаться в свекле, моркови, капусте, картофеле, огурцах.

При мойке и очистке овощей удаляется 10–15 % нитратов, при кулинарной тепловой обработке, особенно варке, – от 40 (свекла) до 70 % (капуста, морковь) или до 80 % (картофель).

Чтобы удалить избыток нитратов, очищенные овощи надо заранее (не меньше 1 ч) вымачивать в чуть подсоленной кипяченой воде.

Нитрозамины образуются при взаимодействии нитритов со вторичными и третичными аминами. Больше всего нитрозаминов обнаружено в копченых мясных изделиях, колбасах, приготовленных с добавлением нитритов, в соленой и копченой рыбе, в сырах, прошедших фазу ферментации.

Канцерогены – это вещества, которые при длительном воздействии (употреблении в пищу, вдыхании, попадании на кожу и т.д.) способны вызвать в организме человека возникновение злокачественных заболеваний. Раковые заболевания пищеварительного тракта, согласно медицинским данным, вызываются преимущественно химическими веществами, попадающими в организм вместе с продуктами питания и питьевой водой. По современным данным, химические вещества способствуют возникновению рака различной локализации. Канцерогенным действием обладают микотоксины, нитрозамины, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) (бензапирен), пылевые взвеси, содержащие сернистые, цианистые соединения, тяжелые металлы, радиоактивные вещества.

ПАУ образуются, как правило, при термическом воздействии на пищевые продукты. Насчитывается более 200 представителей этой группы соединений. Наиболее изученным является бензапирен. Он образуется при жарке зерен кофе, в подгоревшей корке хлеба, при сушке зерна дымом из бурого угля или мазута, при копчении в домашних условиях рыбы или мяса.

Многие токсичные вещества обладают тератогенным действием, под которым подразумевают аномалии в развитии плода, вызванные структурными, функциональными и биохимическими изменениями в организме матери и плода. Мутагенным действием называют вызванные такими веществами качественные и количественные изменения в генетическом аппарате организма. Различают два основных типа генетических повреждений – хромосомные и генные мутации. К мутагенным веществам относятся прежде всего радиоактивные изотопы, радионуклиды и некоторые сильные химические вещества из группы отравляющих веществ. Воздействие на организм человека радиоактивных веществ возможно

при работе с ними (например в медицине, технике), при проживании людей рядом с месторождениями радиоактивных руд, в периоды катастроф, подобных Чернобыльской аварии, аварии на Фукусиме, и т.д.

Есть такие загрязнители, которые присущи только животным продуктам. Это антибиотики. В последние годы они широко используются для лечения животных. Наличие антибиотиков в пищевых продуктах вызывает различные аллергические заболевания, особенно у детей.

Таким образом, безопасность пищевой продукции должна обеспечиваться по всей цепи ее жизненного цикла: выращивание продовольственного сырья, производство, транспортировка, хранение и реализация.

Методы оценки качества и безопасности пищевой продукции. В настоящее время разработаны современные высокоэффективные и точные аналитические методы определения качества и безопасности пищевой продукции, позволяющие выявлять контаминанты в очень низких концентрациях.

Особое место занимают методы, связанные с выявлением фальсификаций мясного сырья (замена одних видов мяса другими, выявление соединительнотканных или растительных белков и др.).

Среди этих методов можно выделить следующие:

- высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ) с различными детекторами, предназначенную для определения содержания микотоксинов, фикотоксинов (токсинов морепродуктов), биогенных аминов, меламина, пищевых добавок, витаминов, органических кислот и ряда других веществ, содержащихся в продовольственном сырье и пищевых продуктах;
- газовую хроматографию (ГХ), применяемую для определения пестицидов, полихлорированных бифенилов, жирнокислотного состава и идентификации жиров, масел и т.д.;
- атомно-абсорбционную спектрофотометрию, атомно-эмиссионную спектрофотометрию и вольтамперометрию, которые предназначены для определения токсичных металлов, макро- и микроэлементов;
- кроме того, в современных исследованиях широко применяется метод ПЦР. Он используется для идентификации генетически модифицированных организмов (ГМО) и генетически модифицированных микроорганизмов (ГММ), идентификации и типирования микроорганизмов, а также для идентификации видов мясного сырья, видов птицы и рыбы для целей выявления фальсификации продуктов и выявления добавления растительного белка.

Создание современной системы мониторинга загрязнений пищевых продуктов в России позволяет осуществлять контроль безопасности пищевых продуктов, который проводится в соответствии с «Положением о проведении социально-гигиенического мониторинга», утвержденным постановлением Правительства РФ от 2 февраля 2006 г. № 60. Ежегодно в стране только Роспотребнадзором проводится множество исследований по санитарно-химическим и санитарно-микробиологическим показателям. Это позволяет выявлять партии пищевых продуктов, не соответствующих гигиеническим нормативам, и изымать их из обращения. Одновременно функционирует система учета результатов мониторинга безопасности пищевых продуктов, которая позволяет дать характеристику по частоте, уровню и динамике загрязнения продовольственного сырья и пищевых продуктов, что не-

обходимо для расчета суточной нагрузки контаминантами на организм и оценки риска загрязнения пищевых продуктов для здоровья населения (Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду», МУ 2.3.7.2125-06 «Социально-гигиенический мониторинг. Контаминация продовольственного сырья и пищевых продуктов химическими веществами. Сбор, обработка и анализ показателей», МУ 2.3.7.2519-09 «Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических контаминантов пищевых продуктов на население»).

Инновационные технологии производства пищи XXI в. В настоящее время широкое применение получили новые технологии производства пищевых продуктов и упаковки для них – биотехнологии и нанотехнологии. Создана и функционирует современная законодательная, нормативная и методическая база в области оборота пищевой продукции, полученной из ГМО растительного происхождения. Такие виды пищевой продукции, впервые поступающие на внутренний рынок, подлежат государственной регистрации. Разработана, действует и постоянно совершенствуется система медико-биологической оценки безопасности пищевой продукции, полученной из ГМО, которая не только аккумулирует весь отечественный и зарубежный опыт в этой области, но и включает новейшие научные подходы, основанные на достижениях современной фундаментальной науки (МУ 2.3.2.2306-07 «Медико-биологическая оценка безопасности генно-инженерно-модифицированных организмов растительного происхождения»).

Следует указать, что система оценки безопасности ГМО, действующая в России, в настоящее время является одной из самых строгих в мире. Для осуществления эффективного контроля за оборотом пищевой продукции, полученной из ГМО или имеющей генно-инженерно-модифицированные аналоги, в России разработаны и стандартизированы методы и порядок осуществления контроля:

- ГОСТ Р 52173-2003 «Сырье и продукты пищевые. Метод идентификации генетически модифицированных источников (ГМИ) растительного происхождения»;
- ГОСТ Р 52174-2003 «Биологическая безопасность. Сырье и продукты пищевые. Метод идентификации генетически модифицированных источников (ГМИ) растительного происхождения с применением биологического микрочипа»;
- МУК 4.2.2304-07 «Методы идентификации и количественного определения генно-инженерно-модифицированных организмов растительного происхождения»;
- МУК 4.2.1917-04 «Порядок и организация контроля за пищевой продукцией, полученной из (или) с использованием сырья растительного происхождения, имеющего генетически модифицированные аналоги»;
- СанПиН 2.3.2.2340-08 «Дополнения и изменения № 6 к Сан-ПиН 2.3.2.1078-01 “Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов”».

Таким образом, сейчас имеются скрининговые методы, позволяющие проводить предварительную проверку пищевой продукции на выявление рекомбинантной ДНК, характерной для генетических конструкций, а также методы идентификации ГМО.

С 2007 г. в России начаты работы по оценке безопасности наноматериалов и продукции нанотехнологий. Разработана «Концепция токсикологических исследований, методологии оценки риска, методов идентификации и количествен-

ного определения наноматериалов», утвержденная главным государственным санитарным врачом Российской Федерации (постановление от 31 октября 2007 г. № 79), предусматривающая создание системы контроля нанобезопасности. Учитывая большое количество наноматериалов, важно сначала оценить степень их потенциальной опасности на основе математического моделирования, который реализован в МР 1.2.2522-09 «Выявление наноматериалов, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека». На основании этих расчетов с учетом уже имеющегося международного опыта можно определить уровень потенциальной опасности наноматериалов. Если выявляется низкий уровень потенциальной опасности, то не требуется исследований по специфическому биологическому действию наноматериалов; средний уровень предусматривает проведение некоторых видов специальных исследований, а при наличии высокого уровня потенциальной опасности необходимо проведение полного комплекса токсиколого-гигиенических и специальных исследований. Для сведения производителей, продавцов и потребителей на сайтах Роспотребнадзора и НИИ питания РАМН размещен и регулярно обновляется «Реестр веществ и материалов, полученных с использованием нанотехнологий и разрешенных к применению на территории Российской Федерации».

Таким образом, в общем плане стратегия обеспечения безопасности пищевых продуктов предусматривает реализацию следующих основных направлений:

♦ надлежащей производственной практики на основе принятых стандартов (технологий, санитарного режима, производственного контроля) при производстве, хранении, перевозке, реализации пищевых продуктов;

♦ гигиенического нормирования и санитарно-эпидемиологических требований к пищевым продуктам;

♦ ветеринарно-санитарных требований и экспертизы продовольственного сырья;

♦ осуществления государственного надзора (контроля) за оборотом пищевой продукции;

♦ разработки, унификации, стандартизации методов анализа и лабораторного контроля;

♦ надзора за заболеваемостью от потребляемой пищи.

Безопасность продуктов питания в меняющемся мире. Наличие безопасного продовольствия содействует развитию национальной экономики, торговли и туризма, способствует обеспечению продовольственной безопасности и безопасности питания и является одним из факторов устойчивого развития.

Урбанизация и изменение форм поведения потребителей, включая распространение туризма, приводят к увеличению числа людей, покупающих и употребляющих в пищу продукты питания, приготовленные в общественных местах. В условиях глобализации растет спрос на все более широкий спектр продуктов питания, что приводит к усложнению и удлинению глобальной продовольственной цепочки.

В условиях роста мирового населения и спроса на продукты питания происходит повышение интенсивности и индустриализация секторов растениеводства и животноводства, что создает как новые возможности, так и новые угрозы для безопасности продуктов питания. По прогнозам, изменение климата также будет оказывать негативное влияние на безопасность продуктов питания.

Все эти проблемы возлагают на производителей продовольствия и работников пищевой промышленности дополнительную ответственность за обеспечение безопасности продуктов питания. В условиях движения продовольственных товаров с большой скоростью и на большие расстояния местные инциденты могут быстро разрастаться до масштабов международных чрезвычайных ситуаций. За последнее десятилетие на каждом континенте были отмечены серьезные вспышки заболеваний пищевого происхождения, масштабы которых нередко усугублялись последствиями глобализации мировой торговли.

Примером является инцидент с заражением бактериями *listeria monocytogenes* готовых к употреблению мясных продуктов в Южной Африке в 2017–2018 гг., в результате чего листериозом заболели 1060 человек, 216 из которых скончались. В данном случае контаминированные продукты экспортировались в 15 других стран Африки, что потребовало принятия на международном уровне мер по управлению рисками.

Безопасность пищевых продуктов: приоритет для общественного здравоохранения. Небезопасные продукты питания создают глобальные угрозы в области здравоохранения и представляют опасность для здоровья каждого человека. Дети грудного и раннего возраста, беременные женщины, пожилые люди и люди, страдающие каким-либо заболеванием, относятся к наиболее уязвимым категориям населения. Ежегодно диарейными болезнями заражаются 220 миллионов детей, из которых 96 тыс. умирают.

Небезопасные продукты питания создают порочный круг заболеваемости диареей и неполноценного питания, что ставит под угрозу нутритивный статус представителей наиболее уязвимых групп населения.

На Международной конференции по вопросам питания, состоявшейся в Аддис-Абебе в феврале 2019 г., и Международном форуме по безопасности пищевых продуктов и вопросам торговли, прошедшем в Женеве в 2019 г., была вновь подчеркнута важность безопасности пищевых продуктов для достижения целей в области устойчивого развития. Для правительств безопасность продуктов питания должна стать приоритетным вопросом общественного здравоохранения, поскольку они играют ключевую роль в формулировании политики и создании нормативно-правовой базы, а также построении и применении эффективных систем обеспечения безопасности продуктов питания.

Заражение продуктов питания может произойти на любом этапе производственно-сбытовой цепи, и главная ответственность за обеспечение безопасности лежит на производителях продовольственных товаров. Тем не менее во многих случаях инциденты, связанные с заболеваниями пищевого происхождения, становятся следствием несоблюдения правил обращения с продуктами питания на дому, на предприятиях общественного питания и на рынках. Не все работники пищевой промышленности и потребители осознают свою роль в обеспечении защиты собственного здоровья и здоровья окружающих и, в частности, важность соблюдения основных правил гигиены при покупке, продаже и приготовлении пищевых продуктов.

Внести свой вклад в обеспечение безопасности продуктов питания может каждый. Ниже приводится ряд примеров эффективных действий в этом отношении.

Лица, ответственные за разработку политики, могут:

- создать и поддерживать надлежащие системы и инфраструктуру обеспечения безопасности продуктов питания (например лаборатории) в целях принятия

ответных мер и управления рисками в области безопасности продуктов питания на всем протяжении продовольственной цепочки, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций;

♦ способствовать межсекторальному сотрудничеству между такими секторами, как общественное здравоохранение, охрана здоровья животных, сельское хозяйство и т.п., в целях более эффективной взаимной коммуникации и совместных действий;

♦ включить аспекты безопасности продуктов питания в более широкие меры политики и программы в области продовольствия и питания (например вопросы безопасности питания и продовольственной безопасности);

♦ следовать подходу «Мысли глобально, действуй локально» в целях обеспечения безопасности местной продукции для зарубежных потребителей в случае ее экспорта.

Работники пищевой промышленности и потребители могут:

♦ внимательнее изучать, какие продукты питания они используют (читать этикетки на упаковке, делать осведомленный выбор, знать о распространенных видах опасности, связанных с продуктами питания);

♦ обращаться с продуктами питания и готовить пищу с соблюдением правил безопасности, применять руководство ВОЗ «Пять важнейших принципов безопасного питания» при обращении с продуктами питания на дому, на предприятиях общественного питания или на рынках;

♦ выращивать фрукты и овощи, следуя рекомендациям, изложенным в руководстве ВОЗ «Пять важнейших принципов выращивания безопасных фруктов и овощей», в целях сокращения риска микробного заражения.

Деятельность Всемирной организации здравоохранения. Деятельность ВОЗ направлена на содействие глобальным усилиям по предотвращению угроз для здоровья населения, связанных с небезопасными продуктами питания, их выявлению и принятию ответных мер. Работа ВОЗ направлена на содействие формированию доверия потребителей к органам власти и уверенности потребителей в безопасности продуктов питания.

Для достижения этого результата ВОЗ оказывает государствам-членам помощь по созданию потенциала, необходимого для предотвращения и выявления рисков пищевого происхождения и управления этими рисками. Для этого ВОЗ:

♦ выполняет независимую научную оценку источников микробиологической и химической опасности, результаты которой ложатся в основу международных пищевых стандартов, руководств и рекомендаций, объединенных в рамках свода стандартов Codex Alimentarius и направленных на обеспечение безопасности продуктов питания, независимо от их происхождения;

♦ выполняет структурированную, транспарентную и основанную на системе установленных показателей оценку эффективности систем контроля за безопасностью продуктов питания на всех этапах продовольственной цепи, определение приоритетных областей для укрепления потенциала, а также измеряет и оценивает ход работы с помощью инструмента ФАО/ВОЗ для оценки систем контроля пищевых продуктов;

♦ выполняет оценку безопасности новых технологий производства продуктов питания, таких как генная инженерия или нанотехнологии;

♦ оказывает содействие совершенствованию национальных продовольственных систем и нормативно-правовых механизмов и созданию надлежащей инфраструктуры для управления рисками в области безопасности продуктов питания. Для оперативного обмена информацией в условиях чрезвычайных ситуаций, связанных с безопасностью продуктов питания, ВОЗ и Сельскохозяйственная и продовольственная организация ООН (ФАО) создали Международную сеть органов по безопасности пищевых продуктов (ИНФОСАН);

♦ ведет информационно-разъяснительную работу по вопросам безопасного обращения с продуктами питания посредством систематического проведения информационных кампаний и программ по профилактике заболеваний пищевого происхождения, а также распространения публикации «Пять важнейших принципов безопасного питания» и учебных материалов;

♦ ведет информационно-пропагандистскую работу в поддержку признания безопасности продуктов питания в качестве важной составляющей продовольственной безопасности и включения вопросов безопасности продуктов питания во все национальные программы и меры политики в соответствии с Международными медико-санитарными правилами (ММСП, 2005).

ВОЗ ведет тесное сотрудничество с ФАО, со Всемирной организацией по охране здоровья животных (МЭБ) и другими международными организациями в целях обеспечения безопасности продуктов питания на всем протяжении продовольственной цепочки – от производства до потребления.

Список литературы

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. – 3-е изд., перераб. и доп. – М., 2012. – 496 с.

2. Гичев Ю.П. Здоровье человека и окружающая среда: SOS! – М., 2007. – 184 с.

3. Горшков М.В. Экологический мониторинг: учеб. пособие. – 2-е изд. – Владивосток, 2010. – 313 с.

4. Основы безопасности жизнедеятельности и первой медицинской помощи / под общ. ред. Р.И. Айзмана, С.Г. Кривощекова, И.В. Омельченко. – 2-е изд. – Новосибирск, 2004. – 396 с.

5. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды / под ред. А.Ф. Порядина, А.Д. Хованского. – М., 1996. – 350 с.

6. Экология и безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева [и др.]; под ред. Л.А. Муравья. – М., 2000. – 447 с.

7. Экологическая безопасность: учеб. пособие / Р.И. Айзман, М.В. Иашвили, А.Д. Герасёв, С.В. Петров. – Новосибирск, 2011.– 272 с.

Определение натамицина в полимерных покрытиях для сыра методом высокоэффективной жидкостной хроматографии

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

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

Натамицин – тетраеновый макролид, получил широкое распространение в медицине для лечения грибковых заболеваний кожи и слизистых. В пищевой промышленности натамицин разрешен для применения в качестве пищевой добавки Е 235 как консервант, предотвращающий образование плесени на поверхности пищевых продуктов, чаще всего сыров, колбас. В связи с повсеместным использованием натамицина в клинической практике необходима минимизация его поступления в организм с пищевой продукцией, так как постоянное воздействие натамицина на организм может привести к развитию устойчивости грибковых патогенов. Актуальной является задача разработки методики определения консерванта натамицина в полимерных покрытиях, используемых для поверхностной обработки сыра.

Ключевые слова: натамицин, ВЭЖХ, пищевые продукты, полимерные покрытия.

Пищевая добавка Е 235 представляет собой фунгицидный противогрибковый препарат, основа которого состоит из антибиотика натамицина, образуемого бактериями *Streptomyces natalensis*. Данный консервант применяется для поверхностной обработки сыров, что позволяет сохранять продукт без изменения питательной ценности, внешнего вида, вкуса и структуры.

Согласно требованиям [1], максимально допустимый уровень содержания натамицина составляет 1 мг/дм^2 в поверхностном слое сыра на глубине до 5 мм. Для контроля содержания натамицина применяется ГОСТ ISO 9233-2–2017 [3]. Стандарт устанавливает метод определения массовой доли натамицина на уровне более 0,5 мг/кг в сырах и массы натамицина на единицу площади поверхности сырной корки в количестве более 0,03 мг/дм^3. Определение осуществляется методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектированием.

Технологически пищевая добавка Е 235 относительно проста в применении. На производстве ее либо распыляют на поверхность продуктов, либо раствором натамицина обрабатывают поверхность оборудования.

На предприятиях используются такие полимерные покрытия, в состав которых входит натамицин не в виде кристаллического порошка, а в виде готовой суспензии, которая разводится в рекомендованном соотношении с водой.

Для того чтобы соответствовать требованиям по содержанию натамицина в готовой продукции, производителям необходимо проводить соответствующие

расчеты количественного содержания данного вещества в используемых полимерных покрытиях при производстве сыра. На данный момент не существует официально утвержденной методики определения содержания натамицина в покрытиях для сыра [2].

Цель работы – разработать методику определения содержания натамицина в полимерных покрытиях для сыра методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

При разработке методики следует учитывать все особенности физических свойств натамицина. Натамицин не имеет цвета, запаха, вкуса, является тетраеном. В кристаллической форме натамицин отличается хорошей устойчивостью. Его УФ-спектр раствора достигает максимума при $\lambda = 220, 290, 303, 318$ нм и минимума при $\lambda = 250, 295{,}5, 311$ нм [4, 5]. Он плохо растворим в воде и большинстве органических растворителей.

При разработке метода основное внимание уделялось стадиям пробоподготовки и хроматографическому анализу.

Подготовка пробы. При экстракции натамицина из покрытия основной проблемой являлось образование липкой, полимерной пленки, образующейся при соприкосновении с органическими растворителями (ацетонитрилом, этанолом и др.). Поэтому их применение в качестве основного экстрагента не представлялось возможным.

При разработке метода учитывался фактор растворимости натимицина в воде: при нейтральной pH растворимость является низкой, а при высокой и низкой pH – увеличивается.

Навеску образца массой до 1,0 г помещали в коническую колбу вместимостью 100 $см^3$, добавляли 50 $см^3$ ацетатного буферного раствора. Содержимое колбы тщательно перемешивали и затем медленно вносили 50 $см^3$ метанола. Экстрагирование натамицина проводили в ультразвуковой бане в течение 15 мин при температуре плюс 40,0 °С с дальнейшим термостатированием до комнатной температуры в темном месте в течение 30 мин. Очистку экстракта осуществляли отстаиванием фильтрата на холоде при минус 20,0 °С в течение 30 мин, а затем быстро охлажденную надосадочную жидкость отфильтровывали через бумажный фильтр, а после через мембранный фильтр Millipore с размером пор 0,45 мкм. Далее растворы хроматографировали.

Хроматографический анализ. Исследования проводились с использованием жидкостного хроматографа Shimadzu LC–20 Prominence (Япония), оснащенного диодно-матричным детектором. В ходе эксперимента использовались разные хроматографические колонки: Zorbax SB C18 (3,5 мкм, 150×2,1 мм), Narrow-Bore, USA; Nucleosil C18 (5 мкм, 250×3,0 мм), MASHERY NAGEL, Германия; Silasorb-Phenil C18 (5 мкм, 250×3,0 мм), LACHEMA, Чехия.

Для разделения сложнокомпонентных смесей выбрана и в дальнейшем применялась колонка Agilent, Eclipse Plus C 18 (USA), размером 250×4,6 мм с сорбентом, размер зерна которого равен 5 мкм. Режим хроматографирования: температура колонки – 35 °С, подвижная фаза – смесь: ацетатный буфер: метанол. Элюирование проводили в изократическом режиме смесью ацетатный буфер: метанол (30:70). Скорость подачи подвижной фазы – 1,0 $см^3$/мин, объем вводимой пробы – 20 мкл. Регистрацию сигнала осуществляли при длине волны 303 нм. Время выхода натамицина – 4,5 мин.

Идентификация хроматографических пиков проводилась по времени удерживания в колонке и характерному спектру для натамицина.

Для построения градуировочного графика использовали метанольные растворы натамицина в диапазоне концентраций 2,0–10,0 мкг/см^3. Градуировочный график, характеризующий зависимость площади пика от концентрации натамицина, носит линейный характер. Коэффициент корреляции 0,999 %.

На рисунке представлены хроматограммы стандартного раствора натамицина с концентрацией 5,0 мкг/см^3 (*а*), которая является серединной точкой градуировочного графика, и хроматограмма натамицина, выделенного из полимерного покрытия, с концентрацией 266,1 мг/кг (*б*).

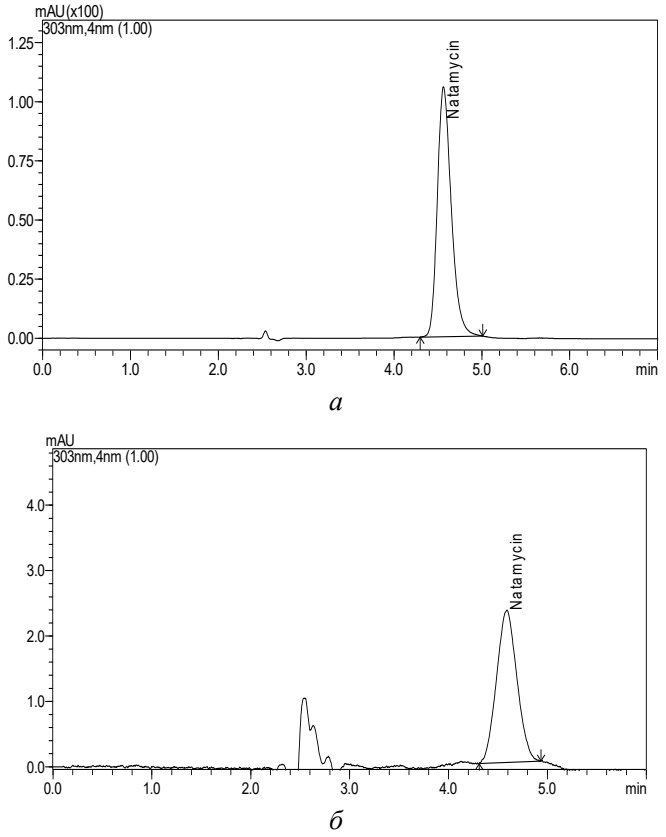


Рис. Хроматограмма: *а* – градуировочного раствора натамицина с концентрацией 6,6 мкг/см^3; *б* – натамицина, выделенного из полимерного покрытия, с концентрацией 266,1 мг/кг

На рисунке видно, что пик натамицина четкий и время выхода совпадает с временем выхода стандартного образца.

Разработанным методом исследовано шести образцов полимерных покрытий с различным содержанием натамицина. Полученные данные сравнивались со значениями, указанными в технических документах (ТД) на исследуемую продукцию. Результаты представлены в таблице.

Как видно из данных таблицы, степень извлечения натамицина составляет 95,4–100,2 %. Показатель повторяемости варьируется от 0,6 до 4,9 %.

Результаты определения натамицина в полимерных покрытиях для сыра, полученные методом высокоэффективной жидкостной хроматографии

Наименование образца	Содержание натамицина, мг/кг						Степень извлечения, %
	по ТД	X_1	X_2	X_3	Xср	Sr, %	
Покрытие № 1, РБ	300	290,4	295,7	297,6	294,4	2,8	98,2
Покрытие № 2, РБ	600	590,2	595,3	588,6	590,8	4,7	98,5
Покрытие № 3, РБ	150	147,4	145,9	149,4	147,5	2,1	97,9
Покрытие № 4, Голландия	800	800,8	809,1	797,6	801,4	1,6	98,4
Покрытие № 5, Италия	1000	997,3	996,6	1002,4	998,6	0,8	99,9

Выводы. Таким образом в результате проведенных исследований разработана методика определения пищевой добавки Е 235 (натамицина) в полимерных покрытиях для сыра методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Степень извлечения натамицина составляет 95,4–100,2 %. Показатель повторяемости варьируется от 0,6 до 4,9 %.

Методика пригодна для идентификации и количественного определения натамицина в покрытиях для сыра.

Список литературы

1. ГОСТ ISO 9233-2–2017. Сыры, сырные корки и плавленые сыры. Определение содержания натамицина. Часть 2: Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии для сыров, сырных корок и плавленых сыров. Введ. 2017-04-20. – Минск, 2017. – 11 с.

2. Определение пищевой добавки Е 235 в полимерных покрытиях для сыра методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / О.С. Воронцова, Л.Л. Белышева, С.И. Войтенко, К.В. Маркова // Здоровье и окружающая среда. – 2018. – С. 108–110.

3. Технический регламент Таможенного союза (ТРТС021/2011). О безопасности пищевой продукции / утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 г. № 880. – Минск, 2011. – 242 с.

4. A novel and rapid method for determination of natamycin in wines based on ultrahigh-performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry: validation according to the 2002/657/EC European decision / L.M. Repizo, L.D. Martinez, R.A. Olsina, S. Cerutti, J. Raba // Anal. Bioanal. Chem. – 2012. – Vol. 402. – P. 965–973.

5. Rapid method to determine natamycin by HPLC-DAD in food samples for compliance with EU food legislation / R. Paseiro-Cerrato, P. Otero-Pazos, A. Rodríguez-Bernaldo de Quirós, R. Sendón, I. Angulo, P. Paseiro-Losada // Food Control. –2013. – Vol. 33, № 1. – P. 262–267.

Гигиеническая оценка риска при применении препарата для предпосевной обработки семян на основе ацетамиприда, тебуконазола и азоксистробина

М.М. Васильева, М.В. Анисович, И.И. Ильюкова

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

Изложены результаты токсиколого-гигиенических исследований препарата для предпосевной обработки семян на основе ацетамиприда, тебуконазола и азоксистробина. В эксперименте на лабораторных животных проведены токсикологические исследования, в полевых опытах проведена оценка условий труда при применении препарата и установлена величина комплексного (ингаляционного и дермального) риска для работающих при его применении. Результаты работы использованы для государственной регистрации средства защиты растений.

Ключевые слова: гигиеническая оценка риска, препарат для предпосевной обработки семян, токсикологическая оценка.

Протравливание семян (обработка семян пестицидами) – одно из целенаправленных, экономичных и экологичных мероприятий по защите растений от болезней и вредителей. В процессе протравливания на семена наносят пестициды для уничтожения не только наружных, но и внутренних инфекций растительного происхождения, защиты и семян, и проростков в поле от почвообитающих фитопатогенов и различных вредителей [3].

В Европейском союзе принят Регламент (ЕС) № 1107/2009 «О размещении на рынке продукции для защиты растений» для обеспечения высокого уровня защиты здоровья человека и животных, а также защиты окружающей среды и вместе с этим сохранения конкурентоспособности сельскохозяйственного производства.

Таким образом, для сельхозпроизводителей целесообразно предложить широкий выбор перспективных средств защиты растений, которые позволят минимизировать негативное влияние на здоровье населения, окружающую среду и связанный с ними экономический ущерб и послужат основой для производства экологически безопасных пищевых продуктов [5].

Для предупреждения неблагоприятных последствий применения, научного обоснования рисков в условиях реального применения и разработки мер по безопасному обращению новых препаративных форм средств защиты растений необходимо проводить токсикологические и санитарно-химические исследования [1, 2].

Цель исследования – провести гигиеническую оценку риска препарата для предпосевной обработки семян на основе ацетамиприда, тебуконазола и азоксистробина для работающих, занятых при его применении.

В рамках исследования проводилась токсикологическая оценка препарата с изучением на лабораторных животных острой токсичности при внутрижелудочном введении, накожном нанесении и ингаляционном воздействии, сенсибилизи-

рующего действия и раздражающих свойств, кумулятивных свойств с расчетом коэффициента кумуляции. Для расчета риска для работающих, занятых при его применении, были изучены условия труда в натурном эксперименте при применении препарата для предпосевной обработки семян на основе ацетамиприда, тебуконазола и азоксистробина.

При исследовании препарата для предпосевной обработки семян на основе ацетамиприда, тебуконазола и азоксистробина использовались санитарно-гигиенические и токсикологические методы исследований (острая токсичность при внутрижелудочном введении, накожном нанесении и ингаляционном воздействии, сенсибилизирующее действие; кожно-раздражающее и ирритативное действия; кумулятивные свойства) в соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами и руководствами [6]. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программных продуктов MSExcelXP и Statistica 6.0.

Изучение острой токсичности при внутрижелудочном введении проводили на четырех дозах препарата [6]. Каждую дозу в острых опытах испытывали на шести животных (самцы) при интрагастральном введении при помощи иглы-зонда с последующим наблюдением в течение двух недель. В эксперименте использовали половозрелых белых крыс массой 190–220 г. Учитывали характер симптомов интоксикации и поведение животных. У животных, подвергшихся однократному пероральному воздействию препарата, наблюдалось развитие клинических признаков интоксикации: увеличение частоты дыхания, взъерошенность шерсти, снижение активности, мягкий стул. DL50 препарата, рассчитанная по методу В.Б. Прозоровского, составляет 4870 (4100÷5800) мг/кг.

Для изучения острой токсичности при накожном нанесении использовали половозрелых белых крыс (самцы и самки по шести особей) массой 190–210 г. [6]. Препаративную форму наносили однократно на выстриженные в средней трети дорсальной поверхности тела участки кожи спины белых крыс, размером 4×4 см, фиксировали марлевой повязкой и лейкопластырем, животных помещали в индивидуальные домики, длительность экспозиции препарата на коже – 24 ч с последующим промыванием дистиллированной водой, наблюдали в течение двух недель. Учитывали характер симптомов интоксикации, динамику массы тела и поведение животных. У животных, подвергшихся однократному накожному воздействию препарата, не наблюдалось развития каких-либо клинических признаков интоксикации.

При изучении острой токсичности при ингаляционном воздействии использовали половозрелых белых крыс массой 190–210 г [4, 6]. Продолжительность ингаляции составляла 4 ч, включая время уравновешивания. Каждую дозу в острых опытах испытывали на трех животных обоего пола с последующим наблюдением в течение 14 суток. Учитывали характер симптомов интоксикации, динамику массы тела и поведение животных. При ингаляционном воздействии формуляции в течение 4 ч в концентрации 5,0 мг/л воздуха не было зарегистрировано случаев гибели животных. Во время экспозиции и после окончания ингаляционного воздействия при наблюдении через 1 и 2 ч у животных отмечены вялость, снижение двигательной активности, поверхностное дыхание. Состояние животных восстановилось на вторые сутки.

Проводилось исследование сенсибилизирующего действия препарата [6]. Внутрикожное введение в подушечку задней лапы (под апоневроз) белых мышей

разрешающей дозы препарата для предпосевной обработки семян на основе ацетамиприда, тебуконазола и азоксистробина в объеме 100 мкл сопровождалось развитием отечно-пролиферативной реакции, среднегрупповые показатели ТОМЛ у животных опытной группы отличались от таковых в соответствующей контрольной группе и составили 0,147–0,179 мм (1 балл) (<0,05). В результате эксперимента установлено, что изучаемая препаративная форма оказывает слабое сенсибилизирующее действие при контакте с кожными покровами.

Для изучения раздражающего действия на слизистые оболочки глаз при однократном воздействии препарат вносили в количестве 50–100 мкл в нижний конъюнктивальный свод правого глаза кроликов с последующим (через 24 ч) промыванием дистиллированной водой; левый глаз при этом служил в качестве контрольного, в который закапывали 1–2 капли дистиллированной воды [6]. Исследуемый препарат после инстилляции вызывал слезотечение, серозные выделения, инъецирование сосудов, которое проходило после промывания водой по окончании экспозиции на 1–2-е сутки, полное видимое восстановление слизистой наблюдалось в течение 1–2 суток после инстилляции. Следовательно, в условиях однократного воздействия на слизистые оболочки препарат обладает слабовыраженным раздражающим действием.

Исследование местно-раздражающих свойств при однократном воздействии на кожу проводилось на нелинейных белых крысах согласно методике [6]. Препаративная форма наносилась на лишенную шерстного покрова кожу спины животных со стороны правого бока площадью 4×4 см (левый бок служил контролем) в дозе 20 мг/см^2 при однократных 4-часовых аппликациях. Учитывалось состояние кожи и выраженность кожных реакций. В условиях однократного воздействия на выстриженные участки кожи спины белых крыс препаративная форма не обладала раздражающим действием на кожу.

Оценка кумулятивных свойств [6] осуществлялась в условиях повторного 30-дневного внутрижелудочного введения белым крысам в дозе 487 мг/кг массы тела, кратной 1/10 от установленной среднесмертельной дозы в остром эксперименте. Установлено, что препарат не способен проявлять кумулятивной активности на уровне смертельных эффектов. В течение всего периода наблюдения не зарегистрировано случаев гибели животных, а также развития клинических симптомов интоксикации. Общетоксический характер действия проявлялся снижением уровня креатинина в сыворотке крови, уменьшением экскреции мочевины и возрастанием экскреции глюкозы с мочой, увеличением относительной массы надпочечников. Анализ полученных данных показал, что препарат обладал слабовыраженными кумулятивными свойствами на уровне функциональных эффектов. Коэффициент кумуляции больше 5.

Гигиеническая оценка условий труда при применении препарата проводилась в изолированном помещении с использованием протравочной машины с расходом препарата – 1,0 л/т и расходом рабочей жидкости – 10 л/т. Высев протравленных семян осуществлялся с использованием селекционной сеялки, агрегированной с трактором.

В рабочем процессе протравливания семян был занят оператор, в обязанности которого входило приготовление рабочего раствора, и оператор-протравщик, в обязанности которого входит заправка протравочной машины и ее обслуживание во время работы. Приготовление рабочего раствора проводили вручную. В рабочем

процессе посева протравленных семян были задействованы два человека: оператор-заправщик сеялки и тракторист.

В соответствии с поставленной целью оценку условий применения средства защиты растений проводили на основании результатов анализа остаточных количеств действующих веществ в следующих объектах: воздух зоны дыхания оператора при приготовлении рабочего раствора; воздух зоны дыхания оператора по обслуживанию протравочной машины; воздух зоны дыхания оператора по обслуживанию сеялки при выполнении производственных операций по загрузке протравленных семян в сеялку; воздух зоны дыхания тракториста при высеве семян пшеницы, протравленных препаратом; смывы с кожных покровов участков тела оператора по обслуживанию протравочной машины, оператора-заправщика сеялки и тракториста после выполнения производственных операций.

В ходе производственных операций при приготовлении рабочего раствора и протравливании семян пшеницы препаратом с нормой расхода препарата 1,0 л/т действующее вещество азоксистробин не обнаружено в воздухе рабочей зоны в пределах количественного определения метода. Обнаруженные концентрации действующих веществ ацетамиприда и тебуконазола в зоне дыхания оператора по приготовлению рабочего раствора и оператора по обслуживанию протравочной машины не превышают установленные гигиенические нормативы для воздуха рабочей зоны.

В зоне дыхания оператора-заправщика сеялки и тракториста действующие вещества тебуконазол и азоксистробин не обнаружены; концентрация ацетамиприда составила 0,02 и 0,004 мг/м^3 соответственно. Выявленные концентрации ацетамиприда не превышают установленные нормативы их содержания в воздухе рабочей дозы.

Во время высева семян снос препарата на почву происходит с подветренной и с наветренной сторон. На расстоянии 1, 3 и 6 м концентрация ацетамиприда в почве с подветренной стороны составила 0,000035; 0,00003 и 0,00001 мг/кг соответственно; с наветренной стороны – 0,00008; 0,00006 и 0,000045 мг/кг соответственно. Концентрация азоксистробина в почве на расстоянии 1, 3 и 6 м с подветренной стороны составила 0,000015; 0,000015 и 0,00001 мг/кг соответственно; с наветренной стороны – 0,00017; 0,00006 и 0,000005 мг/кг соответственно. Данные концентрации действующих веществ ацетамиприда и азоксистробина не превышают установленные гигиенические нормативы данных веществ в почве.

Следовательно, применение препарата при максимальной норме расхода (1,0 л/т) не будет приводить к загрязнению почвы на расстоянии 1, 3 и 6 м от кромки поля.

Риск ингаляционного воздействия по экспозиции определяется соотношением фактического содержания действующего вещества в воздухе рабочей зоны ($I_{ср}$) к соотношению предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны ($ПДК_{врз}$) к ориентировочно безопасному уровню воздействия в воздухе рабочей зоны ($ОБУВ_{врз}$) и характеризуется величиной коэффициента безопасности ($КБ_{инг}$).

Риск дермального воздействия по экспозиции определяется соотношением фактического содержания действующего вещества на коже ($Д_ф$) и ориентировочного допустимого уровня загрязнения кожных покровов ($ОДУ_{зкп}$) и характеризуется величиной коэффициента безопасности ($КБ_д$).

Риск комплексного (ингаляционного и дермального) воздействия вещества по экспозиции ($КБ_{сумм}$) определяется по формуле суммарной токсичности $КБ_{инг}$ с $КБ_{д}$.

Величина суммарного риска комплексного (ингаляционного и дермального) воздействия действующих веществ ацетамиприда, тебуконазола и азоксистробина для оператора по приготовлению рабочего раствора составляет 0,0783; оператора протравочной машины – 0,0673; для оператора-заправщика сеялки – 0,1298; для тракториста – 0,0498.

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено: в реальных условиях применения препарата для предпосевной обработки семян на основе ацетамиприда, тебуконазола и азоксистробина при максимальной норме расхода 1,0 л/т с использованием имеющейся техники и рекомендованных регламентов применения не наблюдается превышения гигиенических нормативов, установленных для действующих веществ в воздухе рабочей зоны, не происходит ухудшения условий труда работающих и загрязнения окружающей среды.

Список литературы

1. Гигиеническая оценка риска при применении гербицидов «Граминис», КЭ и «Ринкор», ВГ / М.М. Васильева, А.А. Попель, Е.С, Юркевич, И.И. Ильюкова // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 4. – С. 49–56.

2. Грынчак В.А., Ильюкова И.И., Сычик С.И. Научное обоснование гигиенических регламентов содержания пиколинафена в среде обитания человека // Токсикол. вестн. – 2019. – № 6. – С. 50–55.

3. Микроэлементы в сельском хозяйстве / С.Ю. Булыгин [и др.]. – Издание третье переработанное и дополненное. – Днепропетровск, 2007. – 100 с.

4. Токсичность масла ним в условиях однократного воздействия на лабораторных животных / В.А. Грынчак, В.А. Стельмах, Е.К. Власенко [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сборник материалов междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–15 ноября 2019 г. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. – Минск: РНМБ, 2019. – С. 285–287.

5. Токсиколого-гигиеническая оценка средства защиты растений на основе никосульфурона и римсульфурона [Электронный ресурс] / С.Н. Камлюк, Т.В. Деменкова, Г.В. Лисовская, В.И. Иода, Е.К. Власенко // Современные аспекты здоровьесбережения: сб. материалов юбил. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 55-летию мед.-проф. фак-та УО БГМУ, Минск, 23–24 мая 2019 г. / под ред. А.В. Сикорского, А.В. Гиндюка, Т.С. Борисовой. – Минск, 2019. – С. 696–700.

6. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: инструкция 1.1.11-12-35-2004 / утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 14 дек. 2004 г. – Минск, 2004. – 43 с.

Изучение эффективности извлечения рифампицина из питьевого молока методом жидкостной экстракции с предварительным омылением пробы

М.О. Старчикова, Т.С. Уланова, Т.Д. Карнажицкая

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

Представлены результаты исследований по подбору оптимальных параметров пробоподготовки для определения рифампицина в питьевом молоке методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Эффективное извлечение рифампицина достигнуто методом жидкостной экстракции с использованием сорбента из набора vetexQ для экстракции по методу QuEChERS с предварительным омылением анализируемой пробы с целью устранения мешающего влияния молочных жиров. Степень экстракции в оптимальных условиях пробоподготовки составляет 97 %. Полученные экспериментальные данные по извлечению антибиотика из пробы питьевого молока рекомендуются в качестве пробоподготовки молока для анализа рифампицина методом ВЭЖХ.

Ключевые слова: антибиотики, рифампицин, хроматографическое разделение, жидкостная экстракция, продукты питания, питьевое молоко, высокоэффективная жидкостная хроматография.

Использование антибиотиков в ветеринарии может приводить к их накоплению в различных пищевых продуктах животного происхождения. Выявление остаточного количества антибиотиков в сыром мясе, молоке, яйцах, субпродуктах и пр. является актуальной задачей, в связи с тем что длительное постоянное употребление в пищу продуктов, содержащих остатки антибиотиков, наносит существенный вред здоровью человека – ведет к снижению чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам, затрудняет лечение инфекционных заболеваний и вызывает развитие аллергических реакций [5, 8].

Для контроля содержания антибиотиков в молоке и других продуктах животного происхождения широко применяются микробиологические, иммуноферментные [3, 5, 9] и ВЭЖХ-МС-методы анализа. Наиболее чувствительным и высокоточным методом является высокоэффективная жидкостная хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ-МС) [5, 6].

Наиболее важным этапом в анализе пищевых продуктов является пробоподготовка, так как от правильно проведенной процедуры пробоподготовки зависит результат анализа, его точность и достоверность.

В настоящее время для анализа антибиотиков в питьевом молоке методами ВЭЖХ и ВЭЖХ-МС применяются различные способы извлечения целевых соединений из молочной матрицы. В работе О.В. Шуляковской представлен метод ВЭЖХ-МС для определения остаточного количества антибиотиков тетрациклиновой группы в молоке. Данный метод основан на извлечении тетрациклина, окситетрациклина, хлортетрациклина, доксициклина и демеклоциклина буферным раство-

ром и очистке экстракта твердофазной экстракцией. Степень извлечения тетрациклинов из анализируемой пробы составил 92 % [10]. Авторы К.О. Белюстова и Л.И. Соколова разработали способ определения левомицетина на жидкостном хроматографе с ультрафиолетовым детектированием. В качестве экстрагента для экстракции авторы использовали ацетонитрил, полученный экстракт очищали в режиме статической сорбции от жиров и других неполярных примесей на сорбенте, приготовленном на основе природных цеолитов, концентрировали антибиотик на смеси сорбентов «активированный уголь / вермикулит» в массовом соотношении 1:1. Степень извлечения левомицетина составила 89–97 % [1]. Авторы В.А. Бендик и И.Н. Сенчакова для определения антибиотиков тетрациклиновой группы в пробах молока методом ВЭЖХ-МС проводили экстракцию гексаном, полученный экстракт фильтровали через гидрофобный фильтр ПТФ [2]. Э.Р. Оскотской [7] предложен способ определения тетрациклина методом ВЭЖХ с ультрафиолетовым детектированием, основанный на предварительном сорбционном концентрировании антибиотика цеолитом. Одной из новых разработок процедуры пробоподготовки является способ дисперсионной твердофазной экстракции QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe – быстрый, простой, дешевый, эффективный, точный и надежный). Способ заключается в экстракции целевых компонентов из биологической матрицы ацетонитрилом в присутствии буферирующих солей. QuEChERS позволяет значительно сократить продолжительность пробоподготовки и характеризуется высокой степенью извлечения широкого спектра антибиотиков [9].

Рифампицин – полусинтетический антибиотик двойного назначения из группы рифамицинов. Применяется в медицине при лечении, а также в ветеринарии в качестве антибактериального средства для лечения крупного и мелкого рогатого скота, личинок пчел.

Содержание рифампицина в пищевых продуктах нормируется документом СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов». Согласно требованиям СанПиН, наличие рифампицина в молоке не должно превышать 0,06 мг/кг. Содержание рифампицина в других продуктах животного происхождения (мясо, субпродукты, мед) не нормируется.

Аттестованные методики количественного определения данного антибиотика в продуктах животноводства в методической базе Российской Федерации отсутствуют.

Отсутствие данных о способах извлечения рифампицина из молока в научной литературе свидетельствует о необходимости отработки условий эффективного извлечения антибиотика из питьевого молока.

Цель работы – отработка оптимальных условий подготовки проб методом жидкостной экстракции с предварительным омылением пробы для определения рифампицина в питьевом молоке методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Материалы и методы. Для отработки условий пробоподготовки использовали образцы пастеризованного питьевого молока с массовой долей жира 2,5 %, приобретенного в розничной сети, расфасованного в пластиковые пакеты.

Предварительную обработку пробы молока перед экстракцией проводили с использованием процедуры омыления жиров. В мерную коническую пробирку с молоком добавляли 10 % раствор гидроксида натрия, содержимое пробирки ин-

тенсивно встряхивали и перемешивали в течение 10 мин на шейкере, далее проводили жидкостную экстракцию.

Для экстракции рифампицина из молока в качестве экстрагента использовали ацетонитрил. Соотношение объема пробы молока и экстрагента составляло 1:1. В качестве сорбента использовали насыпной сорбент из набора vetexQ для анализа мясных и молочных продуктов.

Для проведения исследований отбирали 5 мл молока, добавляли стандартный раствор рифампицина в ацетонитриле, экстрагировали 5 мл ацетонитрила. Варьировали следующие параметры: с добавкой (№ 2, 4–6) и без добавки сорбента (№ 1, 3); количество добавления аскорбиновой кислоты 0,1 г (№ 1–4) и 0,2 г (№ 5, 6); последовательность добавления аскорбиновой кислоты после добавления щелочи в пробу (№ 1, 2) и перед добавлением щелочи в пробу (№ 3–6); количество добавки щелочи 2 мл 10 % раствора (№ 1–4) и 1 мл 10 % раствора (№ 5, 6). Всего изучено шесть вариантов пробоподготовки молока.

Для изучения эффективности извлечения антибиотика использовали аналитический стандарт рифампицина фирмы Sigma Aldrich с содержанием основного компонента не менее 97,0 %.

Анализ экстрактов проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на жидкостном хроматографе Agilent 1200 Series (США) с диодно-матричным детектором при длине волны 480 нм в оптимальных условиях хроматографического разделения, отработанных нами в предыдущих исследованиях [4].

Результаты. В проведенных исследованиях по изучению эффективности извлечения рифампицина из молока методом жидкостной экстракции с предварительным омылением пробы установлено, что степень извлечения рифампицина из молока при различных условиях экстракции (шесть вариантов пробоподготовки) составила от 30,6 до 97,2 %. Максимальные извлечения целевого компонента достигнуты при проведении экстракции в режимах № 5 и 6, которые составили 96,6 и 97,2 % соответственно, отличающиеся количеством добавления сорбента в пробу для очистки экстракта (рис. 1).

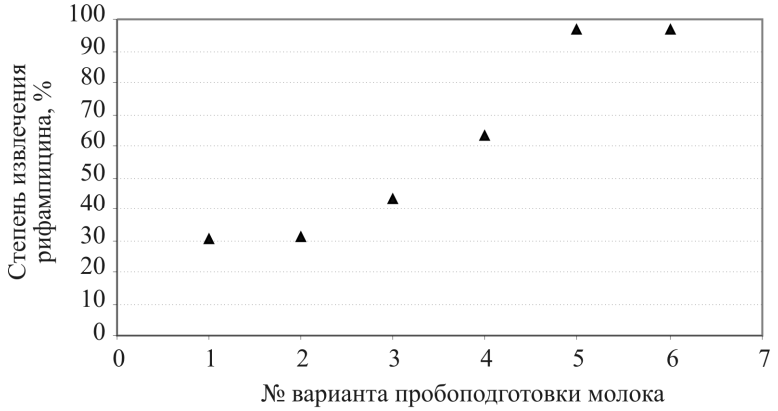


Рис. 1. Степень экстракции рифампицина из молока в различных условиях пробоподготовки

Схема проведения пробоподготовки образцов молока для определения содержания рифампицина в оптимальных условиях (вариант № 6) представлена на рис. 2.

Хроматограмма анализа ацетонитрильного экстракта рифампицина, полученного в оптимальных условиях пробоподготовки, представлена на рис. 3. Время удерживания рифампицина на колонке с обращенно-фазным сорбентом C_{18} в подобранных условиях элюирования составляет 3,37 мин.

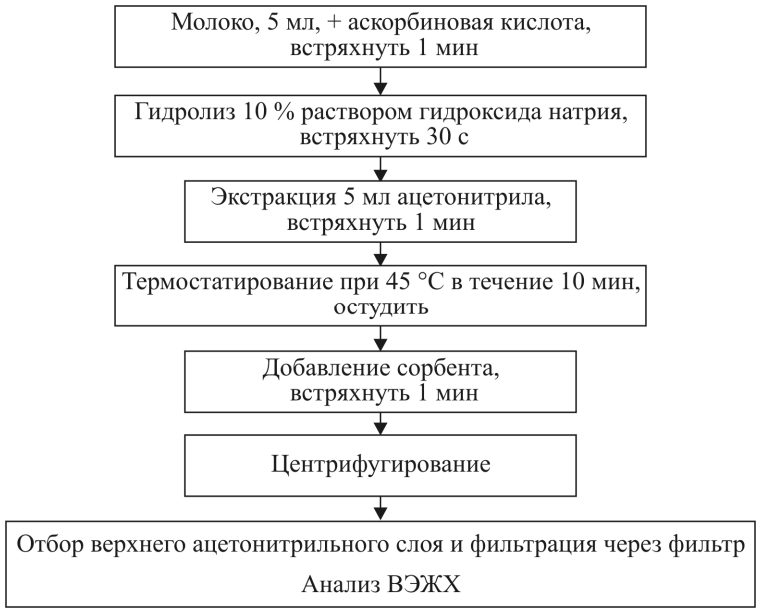


Рис. 2. Схема пробоподготовки для анализа рифампицина в питьевом молоке

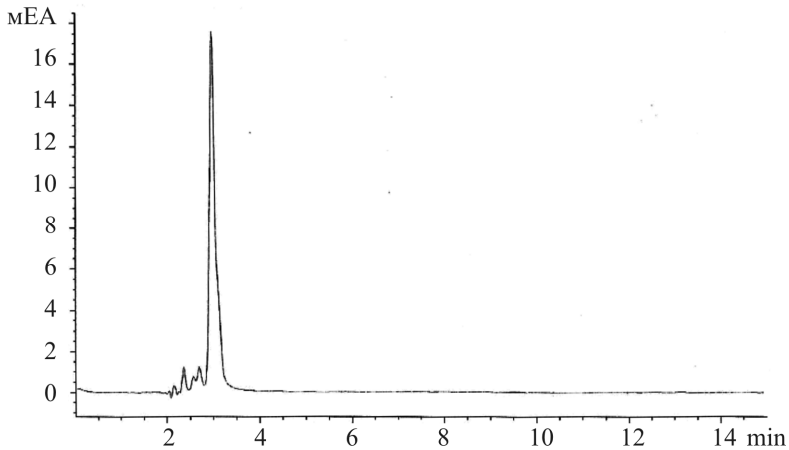


Рис. 3. Хроматограмма пробы молока с добавкой рифампицина

Выводы. Таким образом, в результате экспериментальных исследований подобраны оптимальные условия пробоподготовки. Данные условия рекомендуются при подготовке проб молока к анализу рифампицина методом ВЭЖХ.

Список литературы

1. Белюстова К.О., Соколова Л.И. Определение содержания левомицетина в пищевых продуктах с различной массовой долей жира // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 3. – С. 107–111.

2. Бендик В.А., Сенчакова И.Н. Определение остаточного содержания антибиотиков тетрациклиновой группы в молоке с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором // Естественные и гуманитарные науки в современном мире: материалы всерос. науч.-практ. конф. – Орел, 2019. – С. 165–172.

3. Заугольникова М.А., Вистовская В.П. Выявление антибиотиков в молоке методом иммуноферментного анализа // Ломоносовские чтения на Алтае: сборник научных статей междунар. конф. – Барнаул, 2015. – С. 1584–1587.

4. Карнажицкая Т.Д., Старчикова М.О. Отработка условий хроматографического разделения рифампицина методом ВЭЖХ // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием: в 2 т. / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. – Т. 2. – С. 180–184.

5. Мауль О.Г., Татарникова Н.А. Антибиотики в пищевых продуктах // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 5. – С. 208–211.

6. Методы определения остаточных количеств антибиотиков и ингибирующих веществ в молоке / А.П. Олиферчик, Н.М. Аль-Хаммаш, А.С. Кучминская [и др.] // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2012. – № 4. – С. 176–179.

7. Оскотская Э.Р., Грибанов Е.Н., Калинин М.Н. Сорбционно-хроматографическое определение тетрациклина в молоке и молочных продуктах // Вестн. Моск. ун-та. Химия. – 2014. – Т. 55, № 5. – С. 296–300.

8. Применение антибиотиков для лечения собак и кошек в ветеринарных клиниках общего профиля в Великобритании / A. Mateus, D.C. Brodbelt, N. Barber [и др.] // Journal of Small Animal Practice. – 2011. – № 52. – P. 512–521.

9. Пробоподготовка QuEChERS при одновременном определении остаточных количеств хинолонов, сульфаниламидов и амфениколов в пищевых продуктах методом ВЭЖХ с детектированием с помощью диодной матрицы / В.Г. Амелин, Н.М. Волкова, А.А. Тимофеев [и др.] // Журнал аналитической химии. – 2015. – № 9. – С. 948–956.

10. Шуляковская О.В., Шупилова Е.П., Масалов И.Н. Модификация способа определения содержания остаточного количества антибиотиков тетрациклиновой группы в молоке методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. – Минск: Республиканский научно-технический центр гигиены. – 2012. – С. 304–308.

Анализ влияния нарушений в структуре питания на возникновение отклонений здоровья среди взрослого населения

В.М. Чигвинцев, Д.Р. Хисматуллин, Д.А. Кирьянов

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

Рассматривается влияние потребления основных микро-, макроэлементов, поступающих из продуктов питания, на развитие различных нарушений здоровья. Потребление питательных веществ было установлено путем прямого анкетирования среди взрослого населения Пермского края и Иркутской области. Для опрошенных взрослых характерен избыток потребления белков, жиров и холестерина и недостаток потребления пищевых волокон, калия, магния, йода, витаминов B_1 и B_2, марганца. В ходе математического анализа получены модели, описывающие зависимость возникновения болезней от потребляемых элементов. Результаты моделирования были подвергнуты проверке на статистическую достоверность и биологическое правдоподобие.

Ключевые слова: математическое моделирование, анкетирование, питание, заболеваемость.

Питание, наряду с состоянием окружающей среды, физической активностью и наследственностью, является важным фактором, оказывающим прямое влияние на состояние здоровье. Потребление пищевых продуктов способно как ухудшить соматическое или психологические здоровье, так и снизить заболеваемость и смертность. Рациональное питание является основой здоровья человека, способствует сохранению естественной и приобретенной невосприимчивости человека к различным заболеваниям и стрессу. В условиях современной экологической обстановки качество продукции, потребляемой человеком, приобретает особое значение. Современная жизнь трактует обязательность знания информации о грамотном питании. Большую ценность несет информация о пользе и вреде чрезмерного или недостаточного потребления продуктов питания. Эпидемиологические исследования подтвердили, что у той группы населения, которая употребляет относительно высокое количество плодов и овощей, вероятность развития рака, сердечно-сосудистых заболеваний и других возрастных болезней довольна низкая. Также достаточно хороша изучена защитная роль витаминов С, Е, каротина, селена, содержащихся в фруктах и овощах.

Помимо пользы, неправильное и несбалансированное питание имеет доказанный вред. Достоверно доказано, что чрезмерное потребление продуктов, богатых быстрыми углеводами (выпечка, сладкие напитки), крайне негативно влияет на здоровье полости рта, сердечно-сосудистой системы и эндокринной системы [7]. Чрезмерное употребление красного мяса, в частности жареного или приготовленного на открытом огне, в значительной степени увеличивает риск возникновения новообразований [8].

В течение последних лет одной из актуальных проблем большинства стран мира является сбалансированное питание, точнее, его отсутствие. На данный мо-

мент существует обширный пласт данных [4, 6, 9], указывающих на вероятное развитие или снижение заболеваемости от особенностей питания. Рациональное питание складывается из равнозначных компонентов: финансовые возможности человека и его семьи, наличие на потребительском рынке широкого ассортимента свежих, высококачественных, безопасных для здоровья человека продуктов питания, рациональные способы их приготовления и употребления, знания о пользе продуктов питания. Грамотность в вопросах рационального питания позволяет если не исключить, то значительно ослабить роль финансового компонента [2].

Материалы и методы. В целях подробного изучения рациона питания была разработана анкета, включающая в себя информацию о потреблении продуктов питания, включающая информацию: о типах продукта: мясо, рыба, овощи и фрукты, соль, сахар и т.д.; об особенностях потребления: суточное потребление продуктов; количество потребления продукта в неделю; доля типов приготовления.

В анкетировании принял участие 431 человек – все работники нефтегазовой промышленности (Пермский край) и цветной металлургии (Иркутская область). Полученные данные были преобразованы в суточное потребление биологически значимых элементов, таких как: белки; жиры; углеводы; калорийность; холестерин; пищевые волокна; органические кислоты; натрий; калий; кальций; магний; фосфор; железо; йод; аскорбиновая кислота; тиамин; рибофлавин; селен; марганец; хром; кобальт.

Наравне с анкетированием у опрошенных групп населения был проведен медицинский осмотр, позволивший выявить различные отклонения в здоровье.

На основании данных медицинского осмотра и результатов анкетирования опрошенных были построены логистические регрессионные модели зависимости возникновения заболеваемости от недостаточного или избыточного потребления отдельных элементов из продуктов питания. Искомая зависимость записывается в следующем виде:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 x)}},$$

где x – суточное потребление биологически значимых элементов; b_0, b_1 – параметры модели.

Полученные в результате моделирования зависимости были проверены по критериям биологической правдоподобности и статистической достоверности.

Результаты. С помощью регрессионного анализа идентифицированы 24 пары моделей, характеризующие возникновение ассоциированной заболеваемости в результате положительного или отрицательного отклонения значения потребления питательных веществ от существующих нормативных показателей. Ниже приведен ряд полученных моделей, описывающих зависимости возникновения заболеваемости от нарушений структуры питания.

При уменьшении количества потребляемого витамина B_1 (тиамина) возрастает количество ассоциированных случаев заболеваемости болезнями нервной системы. Параметры полученной модели приведены на рис. 1. Развитие болезней нервной системы в связи с недостатком тиамина связано, в первую очередь, с влиянием витамина B_1 на состояние ацетилхолиновых систем. Тиамина пирофосфат – ключевой кофактор ферментов цикла Кребса и пентозного шунта транскетолазы – био-

химических реакций, обеспечивающих нормальное функционирование нейрональных мембран, энергетических процессов в клетке [5].

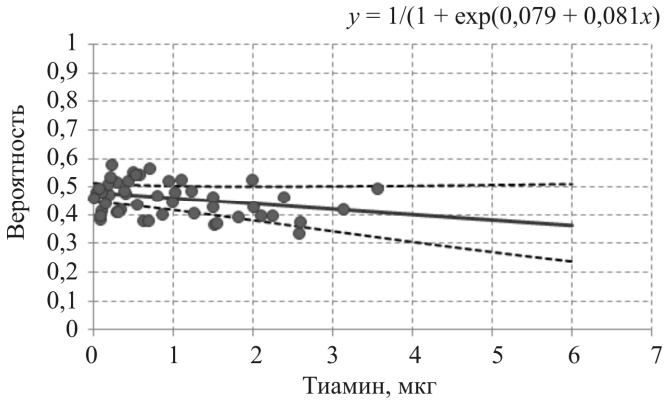


Рис. 1. Зависимость вероятности возникновения заболеваний нервной системы от количества потребляемого с пищей тиамина

Анализ результатов математического моделирования позволил установить доставерную связь между недостаточным потреблением кальция и возникновением болезней нервной системы. Параметры полученной модели отражены на рис. 2. В пожилом возрасте в связи со дефицитом движения ионов происходит снижение кальцийзависимых биохимических процессов и нейрофизиологических процессов и может привести к патологическим и поведенческим изменениям. Эти изменения в пожилом возрасте могут вызвать увеличение неврологических расстройств [13].

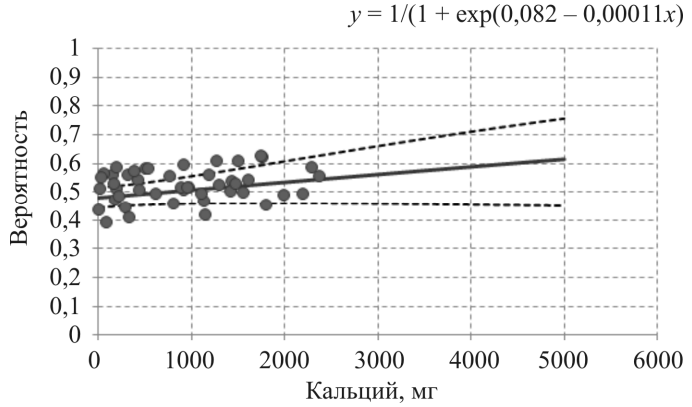


Рис. 2. Зависимость вероятности заболеваний нервной системы от количества потребляемого с пищей кальция

Установлено, что распространенность болезней крови, кроветворных органов и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм у взрослого населения, напрямую зависит от недостатка поступления железа с продуктами питания. Параметры полученной модели показаны на рис. 3. Основным негативным последствием поступления железа в организм человека является железодефицитная анемия.

Клиническая картина железодефицитной анемии характеризуется сочетанием анемического (общая слабость, утомляемость, одышка при обычной физической нагрузке) и сидеропенического синдромов (ломкость ногтей, сухость кожи и слизистых оболочек, ангулярный стоматит, извращение вкуса и обоняния). У части пациентов (чаще – женщин пожилого возраста) развивается сидеропеническая дисфагия (синдром Пламмера – Винсона), которая ассоциируется с повышенным риском развития рака пищевода и глотки [1].

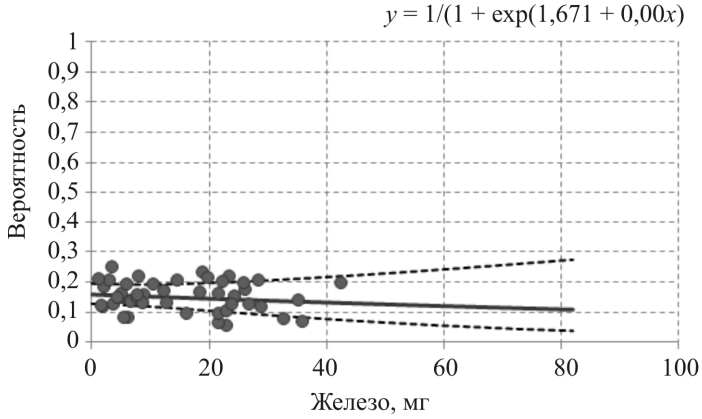


Рис. 3. Зависимость вероятности возникновения болезней крови, кроветворных органов и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм от количества потребляемого с пищей железа

В результате математического моделирования были получены достоверные модели, описывающие зависимость болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушения обмена веществ от поступления йода с продуктами питания. Параметры полученной модели представлены на рис. 4. По данным ВОЗ, среди населения, проживающего в йоддефицитных регионах, – 200 млн человек имеют эндемический зоб [3]. Дефицит йода активирует интратиреоидные медиаторы пролиферации и факторы роста: интерлейкины, инсулиноподобный фактор роста, эпидермальный фактор роста, а также инозитолтрифосфат – один из самых мощных внутриклеточных факторов пролиферации. Чем сильнее снижается содержание йода в щитовидной железе, тем больше активизируются интратиреоидные факторы роста. Вначале это приводит к диффузному увеличению щитовидной железы, когда она за счет напряжения компенсаторных механизмов поддерживает уровень гормонов в пределах нормы.

В результате математического моделирования получены достоверные модели, описывающие зависимость болезней эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ от недостатка поступаемого с продуктами питания магния (рис. 5).

Магний является четвертым наиболее распространенным минералом и вторым внутриклеточным катионом после калия. Магний участвует в более чем 600 ферментативных реакциях, включая энергетический обмен и синтез белка. Магний также играет важную роль в проводимости нервной ткани, сердечной возбудимости, нервно-мышечной проводимости, мышечном сокращении, вазомоторном тонусе, кровя-

ном давлении и метаболизме глюкозы и инсулина. Из-за многих функций магния в организме он играет важную роль в профилактике заболеваний и общего состояния здоровья. Низкие уровни магния были связаны с рядом хронических заболеваний, включая мигрень, болезнь Альцгеймера, цереброваскулярную травму (инсульт), гипертонию, сердечно-сосудистые заболевания и сахарный диабет 2-го типа [10].

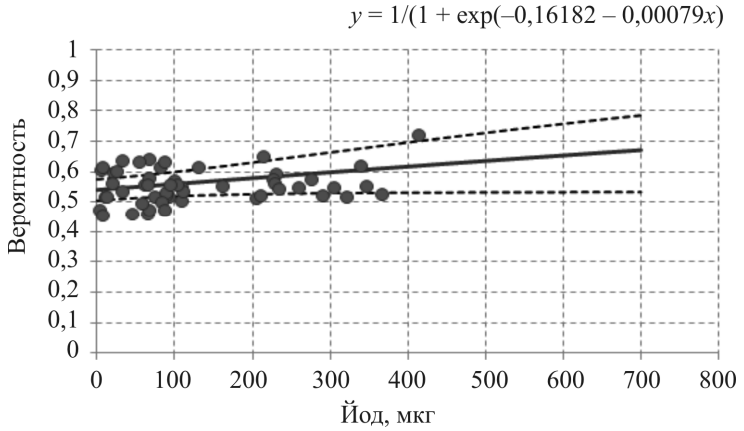


Рис. 4. Зависимость вероятности болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушения обмена веществ от количества потребляемого с пищей йода

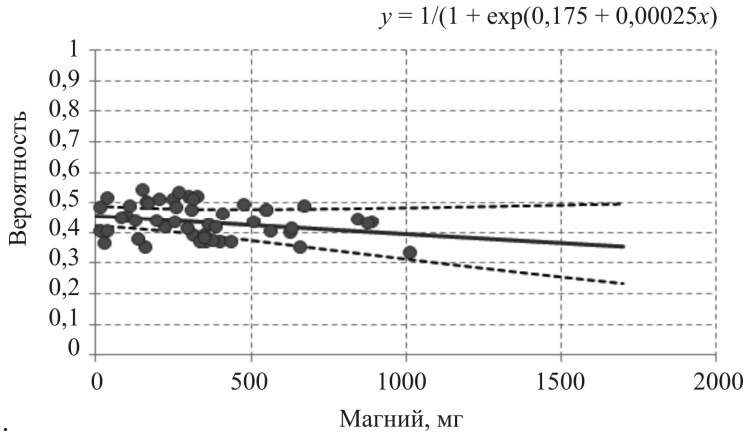


Рис. 5. Зависимость вероятности болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушения обмена веществ от количества потребляемого с пищей магния

В результате математического моделирования построены достоверные модели, описывающие зависимость возникновения болезней кожи и подкожной клетчатки от потребления селена ниже рекомендуемой суточной нормы (рис. 6). Характерная особенность селена как микроэлемента, поступающего с пищей, в его *U*-образном характере воздействия. Хорошо описано, как избыточное, так и недостаточное количество потребляемого селена может вызвать развитие одного и того же заболевания [12].

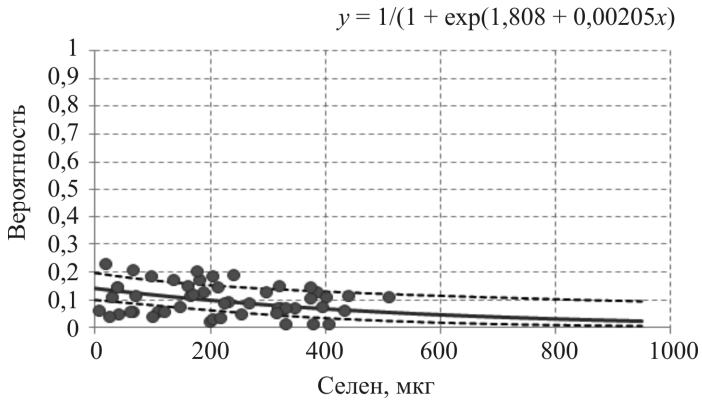


Рис. 6. Зависимость вероятности болезней кожи и подкожной от количества потребляемого с пищей селена

Установлено, что недостаток потребления хрома взрослым населением ведет к увеличению случаев болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушения обмена веществ. Параметры модели показаны на рис. 7. Существующие исследования показывают о положительном влиянии воздействия хрома на улучшение состояния при метаболическом синдроме и у некоторых пациентов с диабетом 2-го типа [11].

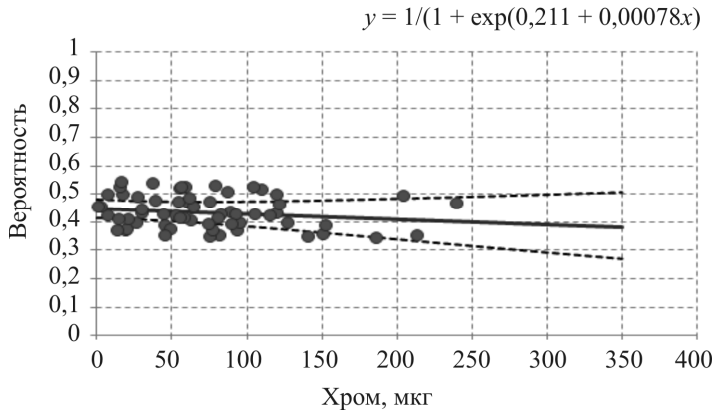


Рис. 7. Зависимость вероятности болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушения обмена веществ от количества потребляемого с пищей хрома

Установленные достоверные связи между потребляемыми с пищей микро-, макроэлементами и различными видами нарушения здоровья приведены в таблице.

Выводы. В результате математического моделирования были получены достоверные модели, описывающие зависимость возникновения различных заболеваний от особенностей потребления различных микро-, макроэлементов с продуктами питания. Построенные модели зависимости возникновения болезней от потребления питательных веществ могут предсказать изменение заболеваемости от превышения или снижения потребления отдельных питательных элементов.

Параметры моделей отражающих влияние потребления
макро-, микроэлементов на возникновение нарушений здоровья

Влияющий микро-, макро-элемент	Вид нарушения здоровья	b_0	b_1	R^2	p
Рибофлавин	Болезни глаза и его придаточного органа	–0,77	–0,21	0,3	0,04
	Болезни нервной системы	–0,03	–0,098	0,25	0,05
Кальций	Болезни крови, кроветворных органов и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм	–2,46	0,00043	0,24	0,02
	Болезни кожи и подкожной клетчатки	–1,96	–0,000098	0,01	0,03
Железо	Болезни органов пищеварения	–0,25	–0,00017	0,02	0,00
	Психические расстройства и расстройства поведения	–2,77	–0,0059	0,05	0,01
Калий	Болезни мочеполовой системы	–1,83	–0,000084	0,17	0,04
	Болезни органов пищеварения	–0,26	–0,0000078	0,01	0,04
Магний	Болезни мочеполовой системы	–1,85	–0,00066	0,22	0,02
Натрий	Болезни органов пищеварения	–0,12	–0,000023	0,45	0,03
Фосфор	Болезни нервной системы	–0,05	–0,000083	0,3	0,01
Селен	Болезни кожи и подкожной клетчатки	–2,37	0,0014	0,3	0,02
Хром	Болезни нервной системы	–0,17	–0,00037	0,1	0,04

Анализ среднесуточного потребления веществ опрошенных взрослых выявил следующее: потребление выше рекомендуемой суточной нормы белков (наблюдается у 67,05 % опрошенных), жиров (53,13 %), холестерина (68,45 %). Потребление ниже среднесуточной физиологической потребности в химических веществах наблюдается в отношении пищевых волокон (у 52,9 % опрошенных), кальция (52,67 %), магния (55,22 %), йода (58,93 %), витамина B_1 (54,52 %), витамина B_2 (58,00 %), марганца (55,68 %).

Полученные данные могут быть использованы для регулирования потребления питания в целях предотвращения негативных последствий несбалансированного потребления пищевых продуктов. Вклад питания в возникновение заболеваемости является значимым, и его корректировка снизит риск заболеваемости.

Список литературы

1. Андреичев Н.А., Балеева Л.В. Железодефицитные состояния и железодефицитная анемия // Вестник современной клинической медицины. – 2009. – № 3.– С. 60–65.

2. Батурин А.К., Мендельсон Г.И. Питание и здоровье: проблемы XXI века // Пищевая промышленность. – 2005. – № 5. – С. 38–40.

3. Ерёмин Ю.Н. Питание и эндемический зоб (итоги собственных исследований) // Journal of new economy. – 2010. – № 1 (27). – С. 124–131.

4. Жданова-Заплесвичко И.Г. Нерациональное питание как фактор риска здоровью населения Иркутской области // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 2. – С. 23–32.

5. Комплекс витаминов в лечении неврологической патологии / Г.Н. Бельская, Е.И. Лузанова, Сергиенко Д.А. [и др.] // Эффективная фармакотерапия. – 2016. – № 35. – С. 48–58.

6. Кочкорова Ф.А., Эсенаманова М.К., Эрбаев А.Т. Роль питания в сохранении и укреплении здоровья подростков-курсантов // Вестник КГМА им. И.К. Ахунбаева. – 2017. – № 4. – С. 60–64.

7. Леонтьев В.К. Кариес зубов – болезнь цивилизации // Биосфера. – 2010. – № 3. – С. 392–396.

8. Резникова М.В., Лепёшкин А.И., Надточий Л.А. Рациональное питание – ключ к здоровью человека // Новая наука: современное состояние и пути развития. – 2016. – № 2–1. – С. 193–95.

9. Domingo J.L., Nadal M. Carcinogenicity of consumption of red meat and processed meat: A review of scientific news since the IARC decision // Food Chem Toxicol. – 2017. – № 55. – P. 256–261.

10. Gibson G.E., Peterson C. Calcium and the aging nervous system // Neurobiol Aging. – 1987. – Vol. 8 (4). – P. 329–43.

11. Maret W. Chromium Supplementation in Human Health, Metabolic Syndrome, and Diabetes // Met. Ions. Life. Sci. – 2019. DOI: 10.1515/9783110527872-015.

12. Rayman M.P. Selenium and human health // Lancet. – 2012. – Vol. 379 (9822). – P. 1256–1268.

13. Volpe S.L. Magnesium in disease prevention and overall health // Adv. Nutr. – 2013. – Vol. 4 (3). – P. 378S–83S.

Аналитический обзор зарубежных методов определения ацетофенона в пищевой упаковке

Д.Ю. Субботина, Т.В. Нурисламова

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

В современном пищевом производстве тара из полимерных материалов в настоящее время – наиболее часто встречающийся тип упаковки продуктов питания, что связано с высоким удобством использования. Загрязнения от упаковки появляются при их контакте с пищей за счет выделения мономеров и олигомеров, влияющих на качество воздуха и здоровье человека в целом.

В современных условиях упаковочные материалы становятся в большинстве случаев обязательным элементом в производстве пищи. Упаковка необходима для защиты пищевых продуктов от микроорганизмов, химических и биологических изменений в процессе хранения. Упаковочный материал продлевает сохранность пищевых продуктов. В качестве товаров широкого потребления, жидких и сыпучих химических продуктов, а также для бытовых целей применяют полимерные пленки на основе полиэтилена, полипропилена, целлюлозы и ее эфиров, поливинилхлорида, полистирола, полиамидов, полиэфиров, гидрохлорида натурального каучука и других полимеров.

Ключевые слова: газовая хроматография, хромато-масс-спектрометрия, пищевая упаковка, летучие органические соединения, полимерные материалы.

Анализ пищевых продуктов в настоящее время – наиболее актуальная аналитическая задача. По данным немецких специалистов, более 70 % вредных загрязнителей в организм человека попадают через пищу, 20 % – с водой и 10 % – с вдыхаемым воздухом [8]. Пищевые продукты загрязняются не только природными веществами, появляющимися при неправильном хранении, а также из пищевой упаковки проникают летучие органические соединения и мигрируют в продукты питания [9].

Причиной загрязнения пищевых продуктов химическими реагентами могут быть технологические добавки в полимерных упаковках: пластификаторы, термические стабилизаторы, антиоксиданты и др. Факторы, влияющие на миграцию химических соединений в пищевые продукты, – это диффузия в полимерах, растворение при контактах «полимер – пища» [7]. Производимые изделия из полимеров, как правило, представляют собой сложные материалы, состоящие из полимеров или сополимеров с различными добавками и с различной летучестью [14]. В настоящее время латексы широко применяются для изготовления различных резиновых изделий, которые широко используются в медицинских учреждениях, в продукции, предназначенной для детей и подростков. Соски, грелки, клеенки, хирургические перчатки, кислородные маски, системы для переливания крови, пипетки, жгуты кровоостанавливающие и др., будучи медицинскими изделиями, зарегистрированы в Минздраве РФ, изготавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ, безопасны и рекомендованы к применению. Для улучшения механических свойств резинолатексных изделий применяют резорцино-формальдегидные, мочевино-формальдегидные и фенолоальдегидные смолы. Они нашли применение в качестве усилителей резин, мягчителей, стабилизаторов, для модификации различных смол. Вместе с тем фенолоальдегидные смолы в своем составе содержат летучие компоненты, одним из которых является ацетофенон, который относится к 3-му классу опасности. Аэрогенное попадание ацетофенона в организм изменяет ритм дыхания и частоту пульса, повышает утомляемость, снижает артериальное давление, появляются гемодинамические и сосудистые расстройства. При попадании на кожу вызывает дерматит [2].

В настоящее время метод по определению летучих органических соединений, в том числе ацетофенона, в атмосферном воздухе и пищевой упаковке является актуальным, поскольку этот вопрос не изучен.

Цель работы – изучение зарубежного и отечественного опыта определения ацетофенона в пищевой упаковке.

Материалы и методы. Выполнен обзор зарубежной и отечественной литературы по методам определения ацетофенона в воздушной среде и пищевой упаковке. Физико-химические методы определения ацетофенона в пищевой упаковке выполнены с помощью газовой хроматографии (ГХ), масс-спектрометрии, совмещенной с газохроматографическим разделением (ГХ-МС).

В аналитическом обзоре проанализированы литературные источники, касающиеся физико-химических методов контроля определения ацетофенона в воздушной среде и пищевой упаковке [6]. Временные границы анализируемого периода составили 31 год. Проанализированы следующие источники: зарубежные журналы по аналитической химии (2004–2012 гг.): Polymer Degradation and Stability, Journal of Polymers and the Environment, Analitical and Bioanalitical Chemistry, Polymer Degradation and Stability [10–15]; российские методические материалы по ана-

литической химии (1981–2006 гг.): «Методические указания на колориметрическое определение ацетофенона в воздухе», «Методика выполнения измерений массовой концентрации органических веществ в воздухе рабочей зоны и выбросах предприятий газохроматографическим методом с фотоионизационным детектором», «Способ определения ацетофенона в воздухе».

Результаты. Методики определения ацетофенона в воздушной среде, применяемые для контроля службами Роспотребнадзора.

Простым и доступным методом определения ацетофенона в воздухе является фотометрический анализ и метод, изложенный в [4]. Определение основано на образовании окрашенного в розовый цвет продукта взаимодействия ацетофенона с м-динитробензолом в щелочной среде. Из каждого поглотительного прибора 5 мл пробы вносят в колориметрические пробирки, добавляют 10 мл спирта. Пробу в течение 30 мин 3–4 раза интенсивно встряхивают. Во все пробы добавляют по 0,2 мл раствора м-динитробензола, после перемешивания по 0,2 мл раствора едкого кали и по 0,5 мл дистиллированной воды. Через 1 или 2 ч сравнивают окраски исследуемых проб со шкалой стандартов. Предел обнаружения 1 мкг в анализируемом объеме раствора. Предел обнаружения в воздухе 1 мг/м^3. Предельно допустимая концентрация ацетофенона в воздухе 5 мг/м^3.

Методика выполнения измерений массовой концентрации органических веществ, в том числе ацетофенона, для определения в воздухе рабочей зоны газохроматографическим методом с фотоионизационным детектором [3].

Измерения концентраций органических веществ выполняют газохроматографическим методом. Метод основан на улавливании органических веществ из воздуха рабочей зоны или газовых выбросов на трубку с сорбентом, которую затем помещают в устройство для термодесорбции (модифицированный испаритель хроматографа) и выдувают исследуемые компоненты потоком газа-носителя в хроматографическую колонку, где происходит их разделение с последующей регистрацией фотоионизационным детектором. Диапазон определенных концентраций составляет 0,05–150 мг/м^3.

Известен способ определения ацетофенона в воздухе методом газовой хроматографии [1].

Отбор и подготовка пробы с целью концентрирования определяемых компонентов проводились с использованием твердого поглотителя. Исследуемый воздух аспирировали пропусканием через видоизмененный поглотительный прибор Зайцева. Извлечение поглощенных примесей производили ацетоно-водной смесью, которую вносили непосредственно в поглотительный прибор, при встряхивании в течение 7 мин. Раствор отделяли от частиц поглотителя центрифугированием, затем хроматографировали с использованием хроматографа «Кристалл» с пламенно-ионизационным детектором. Объем вводимой пробы 3 мкл. Границы относительной погрешности результата измерений при доверительной вероятности 0,95 для диапазона концентраций от 1 до 10 мг/дм^3.

Проанализированы методики определения ацетофенона в пищевой упаковке, применяемые для контроля службами за рубежом.

Анализ низкомолекулярных соединений в полимерных образцах, переработанных из пищевой упаковки. Francisco Vilaplana, Amparo Ribes-Greus, Sigbritt Karlsson [15] предложили метод определения ацетофенона в пластиковом материале путем экстракции с последующим анализом ГХ-МС. Был проведен качествен-

ный и количественный анализ. Образцы полимера экстрагировали с использованием системы микроволновой экстракции MES 100 (CEM Corp., Северная Каролина, США) с номинальной мощностью 1000 Вт. Экстракцию выполняли при 110 °С в течение 30 мин. Примерно 1 г полимера помещали в закрытые сосуды для микроволновой печи вместе с 10 мл экстрактивного раствора (н-гексан / изопропанол (50 / 50 %). Каждый образец полимера был извлечен и проанализирован в трех экземплярах, и среднее значение было принято как репрезентативное. ГХ-МС-анализы экстрактов проводили на FinniganMAT GCQ (Thermo, Сан-Хосе, Калифорния). Идентификацию соединений проводили либо введением аналитических стандартов, сравнением полученных спектров с базой данных NIST MS search 2.0, либо сравнением с библиографическими ссылками. Количественное определение ацетофенона осуществляли с помощью калибровки внутреннего стандарта с использованием 4-метилстирола в качестве внутреннего стандарта. Диапазон определенных концентраций ацетофенона составляет от 0,01 до 0,5 мкл/л.

Идентификация летучих органических веществ, выделенных из пенополистирола. Peter Kusch, Gerd Knupp [13] провели исследования для идентификации летучих органических соединений (ЛОС), выделяемых из пенополистирола (EPS) при различных температурах.

В качестве пробоподготовки применялась твердофазная микроэкстракция (ТФМЭ) с последующим анализом ГХ-МС. Измельченный образец массой 50 мг помещали в стеклянную пробирку на 20 мл с покрытой алюминием мембраной из силиконового каучука. Стеклянный флакон с инжектором ТФМЭ затем помещали в ультразвуковую баню и перемешивали ультразвуком в течение 15 мин при 60 °С или нагревали в нагревательном блоке при 80 °С без обработки ультразвуком. После этого волокно для ТФМЭ втягивалось в защитную оболочку, извлекалось из флакона и переносилось в инжектор газового хроматографа для термодесорбции при 250 °С в течение 3 мин. В то же время был запущен цикл ГХ-МС. По результатам качественного анализа обнаружено, что в составе пенополистирола присутствует ацетофенон с молекулярной массой 120,15 г/моль.

Метод твердофазной микроэкстракции для количественного определения летучих веществ, мигрирующих в имитаторы пищевых продуктов. Jonas Alin and Minna Hakkarainen [10] представили метод определение ЛОС, мигрирующих в пищевые продукты из упаковки. 10 мл образца и стандартных растворов добавляли во флаконы объемом 20 мл, которые затем закрывали обжимными уплотнениями с мембранами из силикона. Экстракцию проводили путем предварительного нагревания флаконов в течение 1 мин при 80 °С с последующим проникновением иглы в перегородку и помещением волокна в свободное пространство над раствором при постоянном перемешивании в течение 30 мин при 80 °С. После экстракции волокнистую иглу извлекали из флакона и сразу же вводили в порт ввода ГХ, который выдерживали при 250 °С. Волокно оставляли в отверстии для ввода на время десорбции 5 мин. Процедура экстракции выполнялась автоматически автосамплером Gerstel MPS2 системы ГХ – МС.

Выводы. В настоящее время в Российской Федерации отсутствуют высокочувствительные и высокоселективные методики по определению ацетофенона в воздушной среде. Действующие методики в России позволяют выявлять ацетофенон в диапазоне концентраций 0,05–150 мг/м^3, что не обеспечивает определение ацетофенона на уровне допустимого коэффициента миграции (ДКМ = 0,003 мг/м^3) [5].

Таким образом, разработка методик определения миграции ацетофенона из пищевой упаковки в воздушную среду является перспективным направлением для контроля службами Роспотребнадзора.

Список литературы

1. Ахметова Т.И., Гиззатуллин Р.Р., Байгузина Г.Ф. Способ определения ацетофенона в воздухе: патент RU 2 075 240 C1. – М., 1996.

2. Лазарев Н.В., Левина Э.Н.. Вредные вещества в промышленности: справочник для химиков, инженеров и врачей: в 3 т. – 7-е изд., пер. и доп. – Т. I. Органические вещества. – М.: Химия, 1976. – С. 552–553.

3. М-МВИ-183-06. Методика выполнения измерений массовой концентрации органических веществ в воздухе рабочей зоны и выбросах предприятий газохроматографическим методом с фотоионизационным детектором. – СПб., 2006. – 17 с.

4. Павловская Г.С., Овечкин. В.Г. Методические указания на определение вредных веществ в воздухе. – М., 1981. – 90 с.

5. ТР ТС 008/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности игрушек» (с изменениями на 17 марта 2017 и на) [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/902303210 (дата обращения: 12.08.2020).

6. Ухарцева И.Ю. Современные тенденции применения высокомолекулярных соединений в создании упаковочных материалов для пищевых продуктов // Пластические массы. – 2014. – № 9–10. – С. 57–62.

7. Харрисон Т.Р. Справочник по внутренним болезням. – М.: Медицинская библиотека, 2012. – 976 с.

8. Эйхлер В. Яды в нашей пище. – М.: Мир, 1993. – 202 с.

9. Яшин Я.И., Яшин А.Я. Хроматографические методы для контроля качества и безопасности пищевых продуктов // Пищевая промышденность. – 2005. – № 6. – С. 14–15.

10. Alin J., Hakkarainen M. Migration from polycarbonate packaging to food simulants during microwave heating // Polymer Degradation and Stability. – 2012. – Vol. 97 (8). – P. 1387–1395.

11. Buchberger W., Stiftinger M. Analysis of polymer additives and impurities by liquid chromatography/mass spectrometry and capillary electrophoresis/mass spectrometry // Advances in Polymer Science. – 2012. – Vol. 248. – P. 39–67.

12. Determination of residual styrene monomer in polystyrene granules by gas chromatography mass spectrometry / M.C. Garrigós M.L. Marín, A. Cantó, A. Sánchez // Journal of Chromatography. – 2004. – Vol. 1061 (2). – P. 211–216.

13. Kusch P., Knupp G. Headspace-SPME-GC-MS Identification of Volatile Organic Compounds Released from Expanded Polystyrene // Journal of Polymers and the Environment. – 2004. – Vol. 12. – P. 83–87.

14. Shibamoto T. Analysis of Environmental and Food Toxicants: Chromatographic. – New York, 1998. – 338 p.

15. Vilaplana F., Ribes-Greus A., Karlsson S. Chromatographic pattern in recycled high-impact polystyrene (HIPS) e Occurrence of low molecular weight compounds during the life cycle // Polymer Degradation and Stability. – 2010. – Vol. 95. – P 172–186.

Раздел IV

Развитие системы диагностики, профилактики и коррекции заболеваний, ассоциированных с факторами среды обитания

Обзор применяемых дезинфицирующих средств для профилактики COVID–19 в медицинских организациях г. Иркутска в период с фераля по июнь 2020 г.

М.С. Куриганова, О.А. Стряпченко, М.М. Жарникова

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области», г. Иркутск, Россия

Представлен аналитический обзор обобщенных результатов исследований применяемых дезинфицирующих средств в медицинских организациях г. Иркутска в период неблагополучной эпидемиологической ситуации по новой коронавирусной инфекции. Знание этих вопросов поможет в выборе дезинфицирующих средств и адекватных режимов их применения, эффективных для целей профилактики новой коронавирусной инфекции.

Ключевые слова: коронавирусная инфекция, дезинфицирующие средства, COVID-19.

С конца января 2020 г. во многих странах мира стали регистрироваться случаи заболевания COVID-19. В конце февраля 2020 г. резко осложнилась эпидемиологическая обстановка по COVID-19 в Южной Корее, Иране и Италии, что в последующем привело к значительному росту числа случаев заболевания в других странах мира, связанных с поездками в указанные страны.

Коронавирусы (семейство *Coronaviridae*) – РНК-содержащие вирусы размером 80–160 нм, имеющие внешнюю липосодержащую оболочку. По устойчивости к дезинфицирующим средствам относятся к вирусам с низкой устойчивостью.

Механизмы передачи инфекции – воздушно-капельный, контактный, фекально-оральный.

К мерам неспецифической профилактики, направленным на предотвращение распространения инфекции (механизм передачи возбудителя), относятся в том числе дезинфекционные мероприятия.

С целью профилактики и борьбы с COVID-19 проводят профилактическую и очаговую (текущую, заключительную) дезинфекцию. Для проведения дезинфекции применяют дезинфицирующие средства из различных химических групп, зарегистрированные в установленном порядке, в инструкциях по применению которых есть режимы для обеззараживания объектов при вирусных инфекциях.

По данным, полученным с сайта Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (от 12.08.2020 г.), с начала 2020 г. Роспотребнадзором зарегистрировано 292 дезинфицирующих средства, из них 112 кожных антисептиков. Всего с 2010 г. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека зарегистрировано 2434 дезинфицирующих средств, 499 из которых являются кожными антисептиками [1].

Из информации, опубликованной 24.04.2020 г. на сайте Научно-исследовательского института дезинфектологии Роспотребнадзора, следует, что для приготовления рабочих дезинфицирующих растворов, эффективных в отношении новой коронавирусной инфекции необходимо производить расчеты по действующему веществу (ДВ), а не по препарату [3].

МР 3.1.0170-20 «Профилактика и эпидемиология COVID-19» с целью профилактики и борьбы с инфекциями, вызванными коронавирусами, регламентируют применение дезинфицирующих средств, в инструкции к которым указаны режимы для обеззараживания объектов при вирусных инфекциях.

Рекомендованы средства из следующих химических групп:

1) хлорактивные (натриевая соль дихлоризоциануровой кислоты – в концентрации активного хлора в рабочем растворе не менее 0,06 %, хлорамин Б – в концентрации активного хлора в рабочем растворе не менее 3,0 %);

2) кислородактивные (перекись водорода в концентрации не менее 3 %);

3) катионные поверхностные активные вещества (КПАВ) – четвертичные аммониевые соединения в концентрации в рабочем растворе не менее 0,5 %;

4) третичные амины (в концентрации в рабочем растворе не менее 0,05 %);

5) полимерные производные гуанидина (в концентрации в рабочем растворе не менее 0,2 %);

6) спирты (в качестве кожных антисептиков и дезинфицирующих средств для обработки небольших по площади поверхностей – изопропиловый спирт в концентрации не менее 70 % по массе, этиловый спирт в концентрации не менее 75 % по массе) [2].

Цель исследования – проанализировать дезинфицирующие средства, применяемые в медицинских организациях г. Иркутска в период с февраля по июнь 2020 г. Оценить возможность их использования для дезинфекции различных типов объектов в очагах COVID-19.

Нами были изучены инструкции 30 торговых наименований дезинфицирующих средств, применяемых в медицинских организациях г. Иркутска (по данным лабораторных исследований, проведенных в рамках государственного задания и в рамках производственного контроля) за период с февраля по июнь 2020 г.

При анализе расчетов мы обнаружили: 1) огромное количество торговых наименований и отсутствие актуальных инструкций к препаратам на страницах производителей в сети Интернет (актуальность инструкции и регистрация на дезинфицирующее средство проверялась с помощью сайта «Реестры Роспотребнадзора» (http://fp.crc.ru/)); 2) наличие в большинстве инструкций только расчета концентрации по препарату и отсутствие расчетов по ДВ; 3) при проведении расчетов имеющихся в наличии препаратов обнаружено, что большая часть из них не подходит для проведения дезинфекции поверхностей в очагах COVID-19 по содержанию ДВ в готовом дезинфицирующем растворе.

Произведены расчеты дезинфицирующих средств по наличию действующего вещества в готовых рабочих растворах по противовирусному режиму по объектам обеззараживания (поверхности в помещениях, жесткая мебель; предметы ухода за больными; посуда без остатков пищи; посуда с остатками пищи; посуда лабораторная; белье, незагрязненное выделениями; белье, загрязненное выделениями / кровью; игрушки; санитарно-техническое оборудование; уборочный инвентарь).

Выводы. Проанализировав имеющиеся дезинфицирующие средства, обнаружили, что указанные в таблице концентрации по противовирусному режиму по препарату не подходят для дезинфекции различных объектов после проведения перерасчета на концентрацию действующего вещества в рабочем дезинфицирующем растворе. Огромное количество торговых наименований и отсутствие в свободном доступе актуальных инструкций затрудняют поиск дезинфицирующих веществ, подходящих для дезинфекции объектов при COVID-19. Так, из 30 средств для дезинфекции всех типов объектов подходят только шесть препаратов (20 %). Для некоторой части объектов обеззараживания подходят 12 (40 %) и 12 (40 %) полностью не подходили для дезинфекции в очагах COVID-19.

Из шести дезинфицирующих средств, подходящих для дезинфекции всех объектов обеззараживания, в своем составе имели третичные амины два препарата, хлорактивные – два препарата и полимерные производные гуанидина – два препарата. Препараты, которые не подходили по расчетам, в качестве действующих веществ содержат только четвертичные аммониевые соединения. Кроме того, предварительный подбор дезинфицирующих средств с адекватными для применения при новой коронавирусной инфекции режимами осложняется отсутствием в свободном доступе интернет-пространства актуальных инструкций по применению, указанных в регистрационных удостоверениях.

В процессе изучения рынка дезинфицирующих средств также было обнаружено, что у всех дезинфицирующих средств (кожных антисептиков) отсутствуют сведения о возможности применения их для детского населения; указания о возрасте детей, начиная с которого может применяться дезинфицирующее средство – кожный антисептик.

Работа по оценке соответствия рекомендуемым МР 3.1.0170-20 режимам применения продолжается с поступающими на исследование растворами дезинфицирующих средств, применяемых в очагах новой коронавирусной инфекции и на объектах, имеющих эпидемиологическое значение.

Список литературы

1. Как правильно рассчитать концентрацию действующего вещества в рабочем растворе [Электронный ресурс] // Научно-исследовательский институт дезинфектологии Роспотребнадзора. – URL: http://niid.ru/press/public/145865 (дата обращения: 20.08.2020) ю.

2. МР 3.1.0170-20. Профилактика и эпидемиология COVID-19 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_350140/ (дата обращения: 20.08.2020).

3. О государственной регистрации дезинфицирующих средств [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – 2020. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php? ELEMENT_ID=15132 (дата обращения: 20.08.2020).

Разработка отечественных наборов для определения чувствительности клинически значимых микроорганизмов к антибактериальным препаратам

А.А. Самойлова, И.В. Лихачев, Е.В. Рогачева

ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Распространение резистентности к антибактериальным препаратам (АБП) ввиду связанных с ней биологических и экономических угроз является одной из самых значимых проблем для всего мира. Антимикробная резистентность (АМР) нивелирует эффективность мероприятий, направленных на лечение и профилактику инфекционных заболеваний человека, животных и растений (что приводит к увеличению тяжести течения данных заболеваний и способствует повышению смертности). Основным направлением по ограничению распространения и циркуляции возбудителей с АМР является внедрение соответствующих современных методов диагностики. В настоящее время в Российской Федерации для определения чувствительности микроорганизмов к АБП применяют импортные тест-системы, которые являются весьма дорогостоящими, что ограничивает их использование в бактериологических лабораториях и диктует необходимость разработки тест-систем отечественного производства.

Ключевые слова: резистентность к антибиотикам, метод серийных разведений, метод градиентной диффузии, Е-тест, минимальная подавляющая концентрация (МПК), антибактериальные препараты.

В настоящее время одной из самых актуальных проблем современного здравоохранения является рост приобретенной резистентности микроорганизмов к антибактериальным препаратам (АБП) [11]. По данным статистики, от инфекций, вызванных устойчивыми к антибиотикам возбудителями, во всем мире ежегодно умирает 700 тыс. человек. Если не предпринять активные меры в отношении антибиотикорезистентности, то к 2050 г. это число может возрасти до 10 млн в год [9]. Это больше, чем смертность от онкологических заболеваний в настоящее время, которая составляет около 9,6 млн смертей в год [6].

Основными мерами для предотвращения резистентности к АБП являются [5]:

1. Целесообразное использование антибиотиков.

2. Отказ от использования АБП как стимуляторов роста в животноводстве и использования их в сельском хозяйстве, за исключением случаев серьезных инфекций.

3. Мониторинг резистентности к антибиотикам клинически значимых микроорганизмов.

4. Разработка и внедрение отечественных диагностических тестов для идентификации резистентности бактерий к АБП.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 сентября 2017 г. № 2045-р введена в действие «Стратегия предупреждения распространения антибиотикорезистентности в Российской Федерации на период до 2030 года». В этом документе указывается, что внедрение современных методов диагностики инфекционных заболе-

ваний и определение чувствительности клинически значимых микроорганизмов к антибиотикам должно обеспечить снижение риска развития резистентности патогенных микроорганизмов к АБП [4].

На основании вышеизложенного разработка отечественных наборов для определения чувствительности клинически значимых микроорганизмов к АБП представляется актуальной.

Методы определения чувствительности микроорганизмов к АБП. Современные стандартизованные методы определения чувствительности микроорганизмов к АБП подразделяют на методы серийных разведений и диффузионные. Диффузионные методы основаны на диффузии антибиотиков из носителя в плотную питательную среду и подавлении роста исследуемого микроорганизма [7]. В настоящее время существуют две модификации диффузионных методов: диско-диффузионный и Е-тест (эпсилометрический тест, метод градиентной диффузии) [4].

Методы серийных разведений основаны на прямом определении основного количественного показателя, характеризующего микробиологическую активность АБП, – величины его минимальной подавляющей концентрации (МПК). Метод последовательных микроразведений в бульоне является референтным фенотипическим методом определения чувствительности микроорганизмов к АМП [1].

Методы серийных разведений считаются наиболее информативными и точными, но при постановке в лабораторных условиях возможно возникновение методических трудностей. К таким трудностям можно отнести: тщательную проверку контроля качества питательных сред, сложность приготовления рабочих растворов антимикробных препаратов, строгое соблюдение режимов их хранения [2, 8]. Применение тест-систем, основанных на методе серийных микроразведений, позволяет получить достоверные количественные результаты при определении категорий антибиотикорезистентности и избежать трудоемких стандартизаций подготовительных этапов.

Разработка отечественных наборов направлена на усовершенствование лабораторной диагностики, упрощение и ускорение процесса определения значений МПК и в конечном итоге должна привести к уменьшению риска распространения резистентных микроорганизмов.

В условиях глобального распространения грамотрицательных бактерий с множественной, экстремальной и полной антибиотикорезистентностью знание истинных значений МПК АБП может стать крайне важным для проведения адекватной этиотропной терапии.

Набор для определения МПК методом серийных разведений. В отделе новых технологий Научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера нами был разработан и апробирован набор для определения значений МПК методом серийных разведений «МПК-МИКРО».

Данный набор предназначен для количественного определения чувствительности быстрорастущих аэробных микроорганизмов к АБП методом последовательных микроразведений. Все противомикробные препараты представлены в концентрациях, позволяющих оценить исследуемые штаммы как чувствительные, промежуточные (для некоторых микроорганизмов) или резистентные в соответствии с ГОСТ Р ИСО 20776-1-2010 «Клинические лабораторные исследования и диагностические тест-системы in vitro» [1], МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам» [2] и клиническими ре-

комендациями «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам» (версия 2018–03) [3].

Проведение исследований с использованием данного набора основано на методе последовательных двукратных разведений исследуемой культуры микроорганизма в микролунках, содержащих различные концентрации АМП.

Набор предусматривает три варианта визуальной оценки результатов:

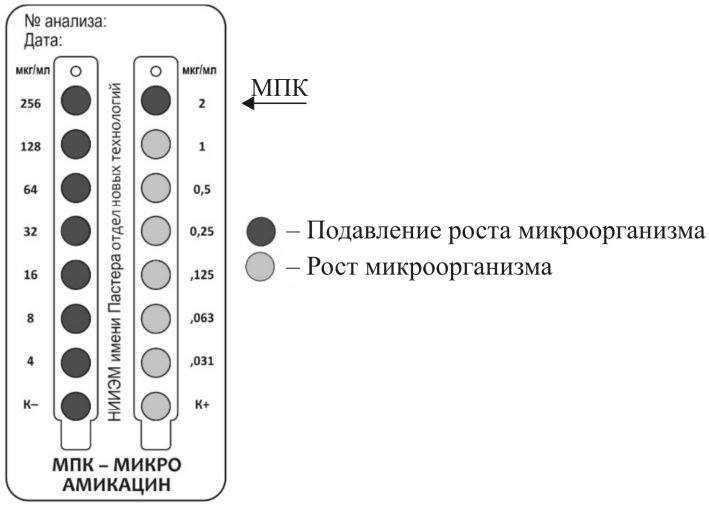
1) по мутности среды;

2) по изменению цвета среды при использовании pH-индикатора;

3) по изменению цвета среды при использовании индикатора окислительно-восстановительного потенциала (преимущественно для неферментирующих бактерий).

Рост исследуемого микроорганизма в лунках стрипа оценивается визуально по появлению мутности или изменению цвета среды (исходя из выбранного способа идентификации) по сравнению с контрольными лунками. Отсутствие видимых изменений свидетельствует о подавлении роста микроорганизма.

Значение МПК соответствует наименьшей концентрации АБП в лунке, где визуально не определяется рост микроорганизма (рис. 1).



К (–) – отрицательный контроль (среда без культуры микроорганизма)
К (+) – положительный контроль (среда с культурой микроорганизма)
256, 128...0,031 – концентрации антимикробного препарата, мкг/мл

Рис. 1. Учет результатов по изменению цвета среды в лунках стрипа

Отличительные особенности набора МПК-МИКРО:

- расширенный диапазон концентраций АБП;
- каждый стрип содержит лунки с положительным и отрицательным контролем;
- широкий спектр антимикробных препаратов, включая препараты последнего поколения;
- компоновка набора предусматривает оценку чувствительности микроорганизма к отдельному АБП;

♦ содержит лиофилизированную питательную среду для культивирования неприхотливых микроорганизмов;

♦ благодаря внесению дисков с индикатором в питательную среду возможно экспресс-определение (в течение 4–6 ч) резистентности микроорганизма (но не значения МПК).

Набор для определения МПК методом градиентной диффузии. Метод градиентной диффузии, основанный на использовании тест-полосок с нанесенным градиентом концентраций антибиотика, также позволяет получить количественное значение МПК. В отделе новых технологий Научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера были разработаны и апробированы тест-полоски для проведения эпсилометрического теста.

Метод градиентной диффузии позволяет создать такой ряд концентраций АБП в плотной питательной среде, который в непосредственной близости от носителя АБП, расположенного на поверхности питательной среды, равен ряду концентраций на носителе (тест-полоске). Подавление роста исследуемой культуры микроорганизма происходит только в той зоне, где концентрация исследуемого АБП, диффундирующего из носителя, превышает МПК исследуемого АБП для данного штамма. Пример определения значения МПК ципрофлоксацина и цефокситина методом градиентной диффузии на эталонных штаммах микроорганизмов показан на рис. 2.

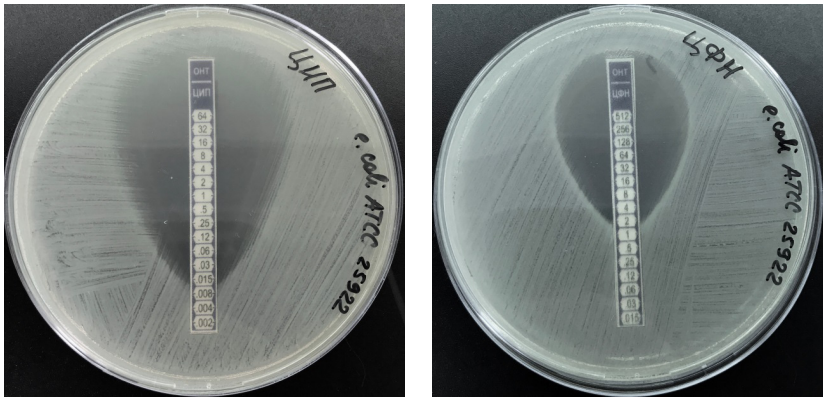


Рис. 2. Пример определения значения МПК антибиотиков методом градиентной диффузии на эталонных штаммах микроорганизмов:
а – ципрофлоксацин; *б* – цефокситин

Отличительные особенности тест-полосок. Помимо стандартных тест-полосок, импрегнированных одним АБП в 16 концентрациях, разработаны тест-полоски для фенотипической детекции клинически значимых механизмов резистентности: продукции бета-лактамаз расширенного спектра (БЛРС), металло-бета-лактамаз (МБЛ), цефалоспориназ молекулярного класса С (AmpC), карбапенемаз генетической группы KPC (*Klebsiella pneumoniae* Carbapenemase), а также для определения чувствительности к гликопептидным антибиотикам у штаммов *Staphylococcus aureus* типа GISA (Glycopeptide Intermediate *S. aureus*) или hGISA (гетеро-GISA).

Потребность данных тест-полосок существует во многих клинико-диагностических лабораториях, при наличии большого потока пациентов с внутрибольничными инфекциями, в особенности вызванными такими БЛРС-продуцирующими бактериями, как *Escherichia coli* и *K. pneumoniae* [10].

Тест-полоски, используемые для определения и подтверждения клинически значимых механизмов резистентности, содержат на своих противоположных концах два убывающих по направлению к центру градиента концентрации: антибиотика и комбинации данного антибиотика с ингибитором, нанесенного в постоянной концентрации вдоль градиента.

Определение продукции бета-лактамаз и экспрессии гена AmpC основано на количественном сравнении МПК антимикробного препарата и комбинации данного АБП с ингибитором. Если значения МПК с обеих сторон полоски совпадают – результат исследования отрицательный, продукция бета-лактамаз отсутствует. Если МПК антимикробного препарата с ингибитором в 8 раз и более больше МПК АБП без ингибитора, результат исследования расценивается как положительный, штамм является продуцентом бета-лактамаз.

Например, если МПК цефалоспорина 2 мкг/мл, а цефалоспорина в сочетании с клавулановой кислотой 0,25 мкг/мл, то тест на БЛРС считают положительным, если 0,5 и 1 мкг/мл соответственно, то сомнительным или отрицательным (рис. 3).

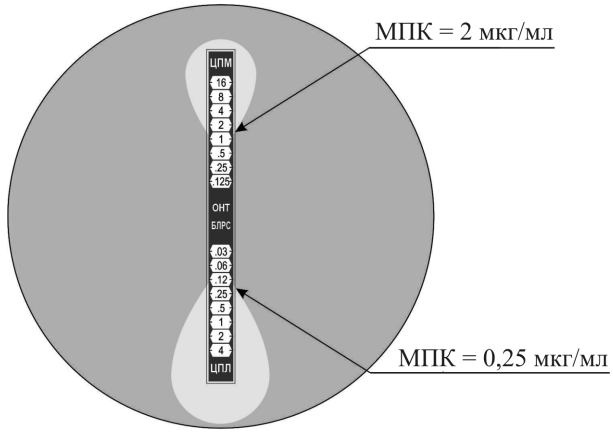


Рис. 3. Определение и подтверждение фенотипов устойчивости

Тест-полоски, предназначенные для определения чувствительности штаммов типа GISA или типа hGISA, содержат два антибиотика: ванкомицин и тейкопланин. Микроорганизм оценивается как резистентный к гликопептидным антибиотикам, если значение МПК ванкомицина или тейкопланина ≥ 8 мкг/мл. Для дифференциации GISA от hGISA необходимо использовать стандартную тест-полоску с ванкомицином:

– значение МПК ванкомицина ≥ 4 мкг/мл указывает на GISA;

– значение МПК ванкомицина <4 мкг/мл указывает на hGISA.

Выводы. Разработанные нами наборы для определения МПК на жидких и плотных питательных средах являются приемлемой альтернативой импортным аналогам. После окончания процедуры получения регистрационного удостоверения они могут быть предложены для определения чувствительности микроорганизмов к АБП в клинико-диагностических лабораториях.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 20776-1-2010. Клинические лабораторные исследования и диагностические тест-системы *in vitro*. Исследование чувствительности инфекционных агентов и оценка функциональных характеристик изделий для исследования чувствительности к антимикробным средствам. – М., 2011. – 32 с.

2. МУК 4.2.1890-04. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: методические указания / введ. 2004-03-04 взамен «Методических указаний по определению чувствительности микроорганизмов к антибиотикам методом диффузии в агар с использованием дисков». – М., 2004. – 91 с.

3. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам: клинические рекомендации / Межрегиональная ассоциация по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии (МАКМАХ). – М.: Минздрав, 2018. – 206 с.

4. План мероприятий на 2019–2024 годы по реализации Стратегии предупреждения распространения антимикробной резистентности в Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации [Электронный ресурс]. – М., 2019. – URL: http://static.government.ru/media/files/1tce1cYNJ2ga4geXBLe2HpzaA0ZsAcsh.pdf (дата обращения: 30.08.2020).

5. Современные подходы к контролю и сдерживанию антибиотикорезистентности в мире / И.Р. Кулмагамбетов, С.С. Сарсенбаева, Ш.Х. Рамазанова [и др.] // Медицинские науки. – 2015. – № 9. – С. 54–59.

6. Cancer. Key facts [Электронный ресурс] // WHO. – Geneva, 2018. – URL: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cancer/ (дата обращения: 30.08.2020).

7. Flanagan J.N., Steck T.R. The relationship between agar thickness and antimicrobial susceptibility testing // Indian J. Microbiol. – 2017. – Vol. 57 (4). – P. 503–506. DOI: 10.1007/s12088-017-0683-z

8. *In vitro* antimicrobial susceptibility testing methods: agar dilution to 3D tissue-engineered models / A. Schumacher, T. Vranken, A. Malhotra [et al.] // Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis. – 2018. – Vol. 37 (2). – P. 187–208. DOI: 10.1007/s10096-017-3089-2

9. O'Neill J. Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations [Электронный ресурс]. – UK.: HM Goverment, 2016. – URL: https://apo.org.au/node/63983 (дата обращения: 30.08.2020).

10. Use of the cefepime-clavulanate ESBL Etest for detection of extended-spectrum beta-lactamases in AmpC co-producing bacteria / S. Mohanty, R. Gaind, R. Ranjan [et al.] // J. Infect. Dev. Ctries. – 2010. – Vol. 4 (1). – P. 24–29. DOI: 10.3855/jidc.493

11. WHO's first global report. WHO's first global report on antibiotic resistance reveals serious, worldwide threat to public health [Электронный ресурс] // World Health Organization. – URL: https://www.who.int/mediacentre/news/releases/[2014/amr-report/en/ (дата обращения: 30.08.2020).

Серомониторинг лиц профессиональной группы риска по зоонозным бактериальным инфекциям в Омской области

С.Ю. Зеликман[1, 2], Г.В. Березкина[1], Н.В. Рудаков[1, 2], С.В. Штрек[1, 2], А.Х. Нурпейсова[1, 2]

[1]ФБУН «Омский научно-исследовательский институт природно-очаговых инфекций»,
[2]ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России,
г. Омск, Россия

Проведен анализ эпидемиологического риска заражения возбудителями бруцеллеза, листериоза, лихорадки Ку работников мясопромышленного предприятия Омской области на основе результатов серологического обследования в 2018 и 2019 г. Выявлен риск заражения работников возбудителями бруцеллеза и лихорадки Ку. Риска заражения листериозом не выявлено. Указанный подход может использоваться для оценки профессионального риска заражения возбудителями зоонозных инфекций на предприятиях промышленного животноводства и переработки сырья животного происхождения.

Ключевые слова: бруцеллез, листериоз, лихорадка Ку, профессиональный риск заражения.

Зоонозные инфекции – болезни, одновременно поражающие животных, включая скот, диких животных, домашних питомцев, и человека. Они представляют значительную опасность для здоровья животных, человека, а также негативно воздействуют на социально-экономические условия развития общества. Зоонозные инфекции имеют широкое повсеместное распространение в регионах с животноводческой ориентацией хозяйства.

В аграрно-промышленном комплексе Омской области широко представлены предприятия по производству и переработке животноводческой продукции, где трудятся жители региона, которые могут подвергаться профессиональному риску заражения возбудителями зоонозных инфекций. Ежегодно (2010–2016 гг.) в Омской области регистрируется от 3 до 15 случаев впервые выявленного бруцеллеза (показатель заболеваемости 0,15–0,70 на 100 тыс. населения). Из 41 случая 80,5 % приходится на долю лиц, деятельность которых связана с животными, переработкой животноводческой продукции (зооветеринарные специалисты, работники мясоперерабатывающих предприятий, животноводы и др.). Ежегодно в области прививают против бруцеллеза людей, профессионально связанных с угрозой заражения бруцеллами. Регистрируют единичные случаи листериоза. Последние случаи заболеваний отмечены в 2009 г. в г. Омске и в 2015 г. в Омском районе [1].

Государственный санитарно-эпидемиологический надзор за инфекциями, общими для человека и животных, такими как бруцеллез, листериоз, лихорадка Ку, предусматривает проведение ежегодных профилактических медицинских осмотров с серологическим обследованием на данные инфекции лиц, подвергающихся профессиональному риску заражения (СП 3.1.7.2613-10 «Профилактика бруцеллеза»,

СП 3.1.7.2817-10 «Профилактика листериоза у людей», СП 3.1.7.2811-10 «Профилактика коксиеллеза (лихорадка Ку)».

Цель работы – анализ эпидемиологического риска заражения возбудителями бруцеллеза, листериоза, лихорадки Ку работников мясопромышленного предприятия Омской области на основе результатов серологического обследования в 2018 и 2019 г.

Материалы и методы. В рамках ежегодных плановых медицинских осмотров проведены серологические исследования крови работников профессиональной группы риска одного мясопромышленного предприятия Омской области на бруцеллез, листериоз и лихорадку Ку. В анализируемую выборку были включены 684 человека, обследованные как в 2018, так и в 2019 г.

Антитела к бруцеллам выявляли в реакции агглютинации (РА) с набором реагентов «Анти-Бактантиген-Тест» «Brucella-реагент» производства ЗАО «ЭКОлаб», г. Электрогорск, антитела к листериям – в реакции непрямой гемагглютинации (РНГА) с антигенным эритроцитарным диагностикумом, приготовленным нами в соответствии с описанной ранее методикой [2]. Для выявления антител (IgG) к лихорадке Ку применялась ИФА тест-система ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, г. Санкт-Петербург. Статистическую обработку полученных результатов исследования проводили общепринятым методом: вычисляли долю и ошибку доли ($P \pm m$) [3] в программе Microsoft Excel 2010.

Результаты. Антитела к возбудителю бруцеллеза в титрах 1:50–1:400 были выявлены в 2018 г. у 75 человек (10,96 ± 1,20 %), в 2019 г. – у 84 (12,28 ± 1,26 %), всего за два года у 96 (14,04 ± 2,3 %) обследованных лиц. В 2019 г. антитела к бруцеллам обнаружены у 11 (1,61 ± 0,48 %) работников, которые были серонегативными в 2018 г. Четырехкратное увеличение титра антител в реакции Райта выявлено у 6 (0,88 ± 0,36 %) человек, без нарастания титра – у 64 (9,36 ± 1,11 %) и снижение титра антител – у 26 (3,80 ± 0,73 %). Анализ полученных данных показал, что увеличение титра антител или появление антител у ранее серонегативных к бруцеллам работников может свидетельствовать о перенесенном в течение года бруцеллезе или текущем инфекционном процессе, что требует проведения эпидемиологического расследования, а также дополнительного обследования для дифференциации бруцеллезных антител по классам иммуноглобулинов. Поддержание титра на одном уровне или его снижение в динамике свидетельствует в пользу анамнестического характера антител.

Антитела к лихорадке Ку обнаружены в 2018 г. у 21 (3,07 ± 0,66 %) человека, в 2019 г. – у 22 (3,22 ± 0,68 %). За два года – у 35 (5,12 ± 0,84 %) обследованных лиц. В 2019 г. антитела к возбудителю лихорадки Ку выявлены у 15 (2,19 ± 0,56 %) работников, которые были серонегативными в 2018 г. В 2018 г. антитела к возбудителю лихорадки Ку обнаружены у 13 (1,90 ± 0,52 %) работников, которые оказались серонегативными в 2019 г. И только у семи человек антитела сохранялись. Одновременно антитела к бруцеллам и коксиеллам наблюдались у семи человек.

Вакцинацию против лихорадки Ку в Омской области не проводили, поэтому выявление антител класса G к данному возбудителю может свидетельствовать о контакте с коксиеллами или перенесенном заболевании лиц, профессионально связанных с животными или сырьем животного происхождения.

Антитела к возбудителю листериоза у работников предприятия в 2018 и 2019 г. обнаружены не были, что свидетельствует об отсутствии контакта с этим возбудителем.

Выводы. Результаты исследования свидетельствуют, что на данном предприятии существует риск заражения работников возбудителями бруцеллеза и лихорадки Ку. Риска заражения листериозом не выявлено. Указанный подход может использоваться для оценки профессионального риска заражения возбудителями зоонозных инфекций на предприятиях промышленного животноводства и переработки сырья животного происхождения.

Список литературы

1. Березкина Г.В. Технология получения и обоснование применения диагностикума эритроцитарного листериозного антигенного сухого для РНГА // Актуальные вопросы медицинской биотехнологии: материалы науч. конф. – Томск, 1991. – Ч. 1. – С. 159–160.

2. Выявление антител к возбудителям бактериальных зоонозов у лиц профессионального риска заражения в Омской области / Г.В. Березкина, С.В. Штрек, С.Ю. Зеликман, А.Х. Нурпейсова, Ю.А. Пневский // Актуальные проблемы болезней, общих для человека и животных: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. А.Н. Куличенко. – Ставрополь, 2017. – С. 10–12.

3. Применение статистических методов в эпидемиологическом анализе / Е.Д. Савилов, Л.М. Мамонтова, В.А. Астафьев, С.Н. Жданова. – М.: МЕДпресс-информ, 2004. – 111 с.

Перспективы применения рекомбинантных белков бактериофагов для терапии инфекций, вызванных полирезистентными бактериями

А.М. Воробьев[1], М.Н. Анурова[1], А.В. Алешкин[1], В.А. Гущин[2], Д.В. Васина[2], Н.П. Антонова[2], А.И. Лаишевцев[3], И.А. Киселева[1], Э.Р. Зулькарнеев[1], Е.О. Рубальский[1], Э.Р. Мехтиев[1]

[1]ФБУН «Московский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.Н. Габричевского»,
[2]ФГБУ «Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени Н.Ф. Гамалеи» Минздрава России,
[3]ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН»,
г. Москва, Россия

Исследована возможность разработки препаратов на основе рекомбинантных белков бактериофагов. Определен спектр активности белков, разработаны состав и технология изготовления препаратов для применения на раневой поверхности в форме спрея и геля. В качестве эксципиентов для спрея использованы полоксамер 407 и полиэтиленгликоль

1500, для геля – гидроксиэтилцеллюлоза и полиэтиленгликоль 1500. Доказана эффективность и безопасность разработанных препаратов в исследованиях на инфекционной модели некробиоза у кроликов.

Ключевые слова: ферменты, антибиотикорезистентность, инфекции, эндолизины, доклинические исследования

Проблема антибиотикорезистентности становится все более острой с каждым годом. Так, только в США резистентными штаммами ежегодно инфицируется около 2 млн человек, 23 тыс. из которых умирают [3]. По оценкам некоторых авторов, к 2050 г. смертность от инфекционных заболеваний, вызванных резистентными возбудителями, может достичь 10 млн человек в год по всему миру, что выведет данный тип заболеваний на один уровень с сердечно-сосудистыми и онкологическими [4]. Таким образом, поиск новых эффективных путей борьбы с бактериальными инфекциями является наиболее актуальной задачей для современной науки.

Среди наиболее перспективных направлений в данной области выделяется фаготерапия благодаря целому ряду преимуществ бактериофагов перед антибиотиками. Бактериофаги активны в отношении полирезистентных возбудителей, не оказывают токсического эффекта при применении, а также обладают высокой специфичностью действия, благодаря чему не вызывают дисбактериоз. Однако фаготерапия обладает и недостатками: возникновение иммунного ответа при повторном применении, что снижает эффективность препаратов, сложность и особые требования к производству бактериофагов и препаратов на их основе в связи с необходимостью культивирования фагов на близких к патогену штаммах. Кроме того, к недостаткам фаготерапии можно отнести и высокую специфичность, являющуюся, на первый взгляд, преимуществом. В связи с высокой специфичностью бактериофагов, для эффективной терапии в ряде случаев необходимо использовать комбинацию из нескольких фагов, и более эффективным в данном случае может являться индивидуальный подход к подбору штаммов вирусов, нежели производство препарата с постоянным составом.

Тем не менее активное изучение бактериофагов позволило открыть новое направление в антибактериальной терапии – эндолизины. Эндолизины являются ферментами, относящимися к классу гидролаз пептидогликана. Они синтезируются в конце литического цикла бактериофага и разрушают клеточную стенку бактерии, способствуя высвобождению зрелых фаговых частиц. Одно из первых упоминаний эндолизинов датируется 1955 г. [6], однако активные исследования данных белков начались сравнительно недавно благодаря развитию науки и технологий в области генной инженерии, протеомики и биотехнологии.

Эндолизины делятся на пять классов в зависимости от расщепляемого ими участка пептидогликана:

- N-ацетил-β-D-мурамидазы;
- трансгликозилазы;
- N-ацетил-β-D-глюкозаминидазы;
- N-ацетилмурамоил-L-аланин амидазы;
- эндопептидазы [6].

Помимо ферментативной активности, эндолизины различаются своей структурой. Они могут представлять собой однодоменные глобулярные белки с молекулярной массой от 15 до 20 кДа или белки большего размера с двумя доменами

и более, которые выполняют различные функции (ферментативно активный домен или домен связывания клеточной стенки) [1].

Преимуществами эндолизинов перед бактериофагами являются сравнительная простота их получения (с использованием штаммов-продуцентов), более широкий спектр действия белков по сравнению с бактериофагами, которые их синтезируют [2], в совокупности с незначительным влиянием на представителей нормофлоры, а также способность эндолизинов разрушать биопленки [5]. Стоит отметить, что эндолизины так же, как и бактериофаги, активны в отношении полирезистентных возбудителей.

Так, в осуществленных исследованиях было доказано, что рекомбинантные эндолизины бактериофагов ECD7, Am24, Ap22, Si3 и St11 проявляют активность в отношении более широкого спектра возбудителей, нежели сами бактериофаги.

Было исследовано 120 клинически значимых штаммов бактерий *Salmonella enterica*, *Escherichia coli*, *Acinetobacter baumannii*, *Enterobacter spp*., *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumonia* и *Campylobacter jejuni*. В таблице представлено сравнение спектра активности бактериофагов и синтезируемых ими белков.

Сравнение спектра активности бактериофагов и эндолизинов

Бактериофаг	Спектр активности бактериофага	Спектр активности эндолизина
ECD7	*E. coli* *Shigella sonne* *Sh. flexner*	*K. pneumoniae* *S. enterica* *P. aeruginosa* *E. coli* *A. baumannii* *Enterobacter spp.*
Am24	*A. baumannii*	*K. pneumoniae* *S. enterica* *P. aeruginosa* *E. coli* *A. baumannii* *Enterobacter spp.*
Ap22	*A. baumannii*	*K. pneumoniae* *S. enterica* *E. coli* *A. baumannii* *Enterobacter spp.* *C. jejuni*
Si3	*S. Infantis*	*S. enterica* *P. aeruginosa* *E. coli* *A. baumannii* *C. jejuni*
St11	*S. Typhimurium*	*S. enterica* *E. coli* *A. baumannii*

Кроме того, повысить эффективность эндолизинов позволяет их модификация путем сшивания с различными пептидами. Например, рекомбинантный модифицированный эндолизин LysECD7-SMAP, помимо действия в отношении указанных выше бактерий, проявлял активность в отношении *Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus* и нескольких штаммов *C. jejuni*.

В настоящий момент проводится исследование влияния представленных ферментов на нормофлору.

Таким образом, рекомбинантные белки бактериофагов являются перспективными кандидатами для производства эффективных бактерицидных препаратов. Однако существует ряд ограничений при разработке данных препаратов, связанных с физико-химическими свойствами эндолизинов.

Так, эндолизины, как и большинство белков, достаточно лабильны, что накладывает определенные ограничения на выбор эксципиентов при разработке препаратов, а также на технологию изготовления, которая должна исключать стадии, сопровождающиеся повышением температуры и другими агрессивными воздействиями на действующее вещество.

Исходя из этого, лекарственными формами, наиболее соответствующими представленным требованиям при производстве, являются гели, спреи и аэрозоли в связи с возможностью организовать производство, исключающее агрессивные воздействия на белок.

Основываясь на приведенных выше данных, были разработаны составы и технологии двух препаратов на основе комбинации рекомбинантных эндолизинов LysECD7, LysAm24 и LysAp22 в форме геля и спрея, а также препарата на основе рекомбинантного модифицированного эндолизина LysECD7-SMAP в форме геля. Препараты предназначены для применения на раневой поверхности.

Был проведен скрининг нескольких составов с различными эсципиентами, определены технологические показатели и стабильность белков в присутствии вспомогательных веществ. В результате были получены составы спрея на основе полоксамера 407 и полиэтиленгликоля 1500 (ПЭГ 1500) и геля на основе гидроксиэтилцеллюлозы и ПЭГ 1500. Данные вспомогательные вещества обеспечивают необходимые технологические показатели, достаточно индифферентны и не оказывают влияния на эндолизины, входящие в состав препаратов.

Испытания препаратов на основе комбинации трех эндолизинов на животных показали их эффективность и безопасность. Испытания проводились на лабораторных животных (кролики) с использованием инфекционной модели некробиоза. Лечение проводили в течение пяти дней, внесение дозы препарата осуществлялось дважды в день.

Было показано статистически достоверное увеличение продолжительности жизни групп животных, получавших лечение препаратами (продолжительность жизни: 22 дня – гель, 21 день – спрей), по сравнению с контрольными группами, получавшими плацебо (продолжительность жизни: 13 дней – гель-плацебо, 14 дней – спрей-плацебо).

Кроме того, было доказано отсутствие иммунного ответа при применении разработанных препаратов на раневой поверхности.

Исследования эффективности и безопасности препарата на основе рекомбинантного модифицированного эндолизина LysECD7-SMAP в настоящий момент продолжаются.

Выводы. Таким образом, в проведенном исследовании доказана возможность разработки эффективных и безопасных препаратов для терапии инфекций, вызванных резистентными возбудителями, на основе рекомбинантных белков бактериофагов, разрушающих клеточную стенку бактерий. Полученные препараты обладают широким спектром действия, активны в отношении резистентных возбудителей, не влияют на нормофлору и не обладают иммуногенностью, что делает их эффективной и безопасной альтернативой антибиотикам.

Список литературы

1. Bacteriophage endolysins as novel antimicrobials / Schmelcher Mathias [et al.] // Future microbiology. – 2012. – Vol. 7, 10. – P. 1147–1171. DOI: 10.2217/fmb.12.97

2. Broad bactericidal activity of the Myoviridae bacteriophage lysins LysAm24, LysECD7, and LysSi3 against Gram-negative ESKAPE pathogens / N.P. Antonova, D.V. Vasina, A.M. Lendel, E.V. Usachev, V.V. Makarov, A.L. Gintsburg, A.P. Tkachuk, V.A. Gushchin // Viruses. – 2019. – Vol. 11, № 3. – P. 284. DOI: 10.3390/v11030284

3. Centers for Disease Control and Prevention. Antibiotic resistance threats in the United States, 2013 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.cdc.gov/drugresistance/threat-report-2013 (дата обращения: 12.07.2020).

4. O'Neill J. The Review on Antimicrobial Resistance. Tackling DrugResistant Infections Globally: Final Report and Recommendations, 2016 [Электронный ресурс]. – URL: http://amr-review.org/sites/default/files/160518_Final%20paper_with%20cover.pdf (дата обращения: 12.07.2020).

5. Synergistic Removal of Static and Dynamic Staphylococcus aureus Biofilms by Combined Treatment with a Bacteriophage Endolysin and a Polysaccharide Depolymerase / N.M.C. Olsen, E. Thiran, T. Hasler [et al.] // Viruses. – 2018. – Vol. 10, № 8. – P. 438. DOI: 10.3390/v10080438

6. Virolysin: a virus-induced lysin from staphylococcal phage lysates / D.J. Ralston, B.S. Baer, M. Lieberman [et al.] // Proc. Soc. Exp. Biol. Med. – 1955. – Vol. 89, № 4. – P. 502–507. DOI: 10.3181/00379727-89-21859

Постбиотики – составляющая лектиновой суперсистемы поддержки здоровья

В.М. Лахтин, М.В. Лахтин, А.В. Мелихова, И.Ю. Давыдкин, В.Ю. Давыдкин

ФБУН «Московский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.Н. Габричевского», г. Москва, Россия

Проведена оценка антипатогенного и противоопухолевого потенциала метаболитно-клеточных, направленных на устранение болезней и любых патологий постбиотических систем организма человека. В действии постбиотических систем важную роль играет кофункционирование с другими эффекторами (гликоконъюгатами, цитокинами, комплементом, антибиотиками и агентами химиотерапии). Постбиотические системы функционируют как составляющая лектиновой системы организма. Учет выраженности в организме взаимосвязей различных типов лектиновых защитных систем – путь к разработке и оценке новых мультифакторных критериев здоровья индивидуума и контингента индивидуумов.

Ключевые слова: факторы защиты, лектиновые системы, постбиотики, пробиотические лектины, система комплемента, белковые гормоны.

Биоузнавание является главным в функционировании защитных систем человека, в том числе системы комплемента, цитокиновой сети и пробиотических микробиоценозов. Например, система комплемента представляет собой сложную метаболитно-клеточную сеть реакций [5, 12]. Белковые гормоны относятся к цитокинам с широким спектром распознавания и действия [4]. Пробиотические микроорганизмы проявляют полезные для человека эволюционно развитые свойства, продуцируя спектр высокомолекулярных метаболитов, в том числе лектины и постбиотики [5, 7].

Лектины – белки неиммуноглобулиновой природы и их комплексы, распознающие и связывающие углеводы и гликоконъюгаты (ГК: природные или их синтетические аналоги (www.lectinity.com)), инициирующие активности против инфекций и патологий [13, 15]. Лектины – регуляторы метаболизма человека, метаболомбиотики и коммуникаторы [3, 10, 11]. Они задействованы в сети межклеточных отношений [9, 10, 13, 17]. Нами изучались такие системы лектинов (СЛ) как С4/С3-комплемента человека (С4/С3СЛ) [2], гормональные цитокины на примере эритропоэтинов (СЛЭПО) [4] и пробиотические (ПСЛ) [5, 12]. Сформулированы представления о защитных суперсистемах лектинов (ССЛ) [7, 14].

К постбиотикам относятся метаболитно-клеточные продукты жизнедеятельности симбиотических бактерий организма, в том числе пробиотических, представляющие интерес для функционирования организма [7, 8, 16, 18, 19].

Цель исследования – на основе собственных данных сформулировать представления о постбиотических системах (ПС), в том числе защитной постбиотической распознающей ГК системе (ПРГКС), дополняющей ПСЛ, С4/С3СЛ и СЛЭПО в составе ССЛ.

Терапевтические постбиотики: метаболические оси, распознавание, молекулярная диагностика и биобезопасность, еще олдин тип СЛ. К постбиотикам относятся в том числе такие высокомолекулярные вещества, как пробиотические лектины (ПЛ), адгезины и ферменты (в ряде случаев проявляют свойства лектинов), биосурфактанты (БС) и экзополисахариды (ЭПС).

Анализ литературы указывает на эффективность постбиотиков против болезней, инициированных патогенными бактериями и вирусами. Постбиотики вносят оздоровительный вклад в случаях энтероколитов и других пораженииий кишечника, пищевой и другой аллергии (мешающих нормальному вакцинированию), гепатитов, нейродегенеративных болезней, выпадения волос, а также нарушений общего обмена веществ в связи с отношением к инсулину, антибиотикорезистентностью.

Действие постбиотиков реализуется в метаболических направленных осях «мукозальный тракт – другие ткани и органы». Акцент ставится на метаболическую взаимосвязь постбиотиков отделов кишечника с печенью, почками, легкими, мозгом, кожей и кровью. ПС характеризуются как мультифункциональные и мультивекторные и включает иммуномодуляторные, антивоспалительные, противоопухолевые, противоаллергенные, регулирующие продукцию цитокинов и других важных эффекторов, нормализующие жировой и другой метаболизм активности. Направленный осевой характер метаболической сети предполагает распознавание мишеней (в том числе и ГК-содержащих), а сама сеть сходна с функционированием ПЛС-ГК-сетью мукозального биотопа. Сцепленный / сетевой характер действия ПС указывает на перспективы использования ПС в типировании метаболических осей.

Перспективными источниками синергетических наборов антимикробных постбиотиков, например продуктов катаболизма ароматических аминокислот (в том

числе Trp и Tyr), участвующих в распознавании и связывании ГК, являются культуры бифидобактерий и лактобацилл кишечника человека. Деградация и лизис массивов и биопленок *S.aureus* или *C.albicans* наблюдались в присутствии ПСЛ, способных к конверсии в наборы постбиотиков, взаимодействующих с ГК и проявляющих свойства СЛ. Так, антимикробное действие ацилакта реализовывалось с участием ПС – пероксидоредуктазных (в условиях окислительного стресса), казеиназных (на уровне действия пептидов и на фоне снижения аллергенности), а также ассоциированных с БС. Ацилакт, К3III24 и бифидобактерии являлись источниками бактериоцинподобных форм с антимикотико / антибиотико-подобным действием. Бифидобактерии являлись продуцентамии наборов БС, участвующих в доставке пептидов, и наборов ЭПС, расщепляемых деполимеразами, с отсроченными антибактериальным и антигрибковым действием.

Потенциал других типов СЛ – вкладчиков ССЛ организма. *С4/С3СЛ.* Предложенный нами алгоритм оценки дефицитов функционально активных компонентов комплемента (по выраженности соотношения С4А/ С4В) применен в прогностике и диагностике болезней язв желудка и двенадцатиперстной кишки, системной красной волчанки, фосфолипидного синдрома, ревматоидного артрита и других. Взаимодействие изотипов с ГК проходило по типу лектин-ГК-распознавания. Выявлено функциональное (по способности распознавать сложные гликомишени / гликопаттерны) сходство изотипов С4 с системами изоформ WGA и PHA – фитолектинами с действием против опухолевых клеток.

Нами разработаны и применены хемилюминесцентные варианты имиджевого анализа изотипов (С4А pI 4,0–4,3; С4В pI 4,58–4,65) и субизотипов на блоте. Анализ проводили в сборочной – новой диагностико-прогностической pI-области (более кислой и с повышенной дискретностью полос по сравнению с менее кислой областью pI досборочных форм изотипов. Изоэлектрофоретико-блотинговый метод позволял ранжировать сыворотки пациентов по абсолютным значениям содержания в них функционально активных С4, С4В, С4А; выявлять полные дефициты С4 (отсутствие С4А + С4В), С4В или С4А; надежно группировать сыворотки с относительно небольшими дефицитами С4 с преимущественным содержанием С4В или С4А, что важно для установления тенденций болезней или их риска. С3-субизотипы располагались в областях С4-субизотипов, дополняли картины С4-субизотипов. Результаты анализа полных и частичных дефицитов С4В и С4А, соотношения частичных дефицитов изотипов С4В и С4А, полного отсутствия изотипов, полученные в микропанели и на блоте, подтверждали друг друга. По сравнению с микропанельным, блотинговый метод был более информативным, имиджевым, высокочувствительным, с большей разрешающей способностью. Он позволял выявлять серии субизотипов С4В и С4А с углубленным диагностико-прогностическим потенциалом.

Выявлено наличие на блоте градиентов расположения комплексных сывороточных ГК пациентов с тенденцией возрастания в ГК углеводов в направлении от области С4А (меньше акцептированных углеводов в комплексах) к области С4В (больше акцептированных углеводов в комплексах). Данные подтверждают главные различающиеся функциональные свойства изотипов – преимущественно связываться с углеводами (С4В) или белками (С4А).

Результаты указывают на перспективы сочетания микропанельного и блотового анализов С4В и С4А сывороток в прогностике риска болезней и ранней

диагностике системной патологии, установлении индивидуального характера осложненных и «запущенных» хронических вариантов, а также в случаях сильно выраженной или быстро прогрессирующей болезни. Предложенные нами методология и алгоритмы анализов изотипов, субизотипов и их комплексов как распознающих гликопаттерны помогут в дальнейшей разработке фенотипической диагностики болезней и отбора терапевтических комплексов в модельных экспериментах. Открыта перспектива каскадного типирования субизотипов с помощью антител и затем ГК (www.lectinity.com) для расширения аналитического pI-диапазона, повышения чувствительности прогностики и диагностики, дальнейшей классификации болезней.

СЛЭПО. Типы распознающих СЛЭПО. В моче присутствуют: система I, отличающаяся комплексностью от исходной (немочевой), что видно из несовпадения изоэлектрофоретических имиджевых мозаик (pI-мозаик) белка ЭПО. Наблюдаются дополнительные распознающие системы ЭПО: II (СЛ как комплексы ЭПО и ГК), III (ЭПО в комплексе с сэндвичем антител АТ1–АТ2) и IV (СЛ как комплексы ЭПО с АТ и ГК одновременно). Сеть СЛЭПО–ГК функционирует в вариантах распознающих мажорных и минорных систем «Лектин – Ранжированный по сродству и доступности ряд ГК» и «ГК – Ранжированный ряд компонентов СЛЭПО». Выраженность СЛЭПО–ГК меняется в зависимости от мозаики форм белковых комплексов типов ГК. СЛЭПО характеризуются повышенным сродством к наборам синтетических полимерных ГК (визуальная насыщенность полос ЭПО максимальна и различается в случаях LacNAc-ГК и L-Fuc-ГК, превосходящих Man-ГК (комбинации ГК могут рассматриваться как настроечные / надстроечные модуляторы активностей ЭПО). В сравнении с эпокриновой (эукариотической гликозилированной CHO-системой экспрессии рекомбинантного ЭПО человека [рчЭПО]), эритростимная система (бактериальная негликозилированная, с экспрессией рчЭПО в *E.coli*) ЭПО характеризуется усилением ГК-визуализации / сродства / распространения в мишенях соответствующих сайтов связывания (отсутствие гликанов в потенциальных сайтах гликозилирования белка создает «конформационную память пустот» в белке для дополнительного акцептирования меченых ГК). При сборке / агрегации распознающих белковых комплексных систем (в том числе ЭПО) формируются «мегапаттерновые» участки распознавания ГК (межсубъединичные, межмолекулярные, криптовые), усиливается выраженность ГК-связывания (Sia-ГК или SO_3-ГК-связывания). Регистрируются взаимовытеснение АТ и ГК из комплексов с ЭПО, синергизм между АТ- и ГК-связыванием и между типами ГК (по характеру имиджей хемилюминесценции форм ГК-связывания в системной белковой мозаике комплексов ЭПО). В сравнении с исходными немочевыми / домочевыми системами ЭПО, системы СЛЭПО–ГК визуализуются на фоне повышения асимметричности (внутренней групповой с 2–3 полосами в рамках расширенного диагностического pI-диапазона всех форм ЭПО) и проявления новых сигнальных форм эчЭПО и рчЭПО диагностической и сигнальной значимости. Разнообразие распознающих систем I–IV (с вкладом мегапаттерновой специфичности) ЭПО отражает свойства коммуникационных каскадов («Исходные немочевые ЭПО – Моча / ГК», «Мочевые ЭПО – Иммунный сэндвич», «Мочевые ЭПО – Иммунный сэндвич – ГК [по данным изменения хемилюминесценции меченого иммунного сэндвича на блоте в результате добавочной люминесценции меченых ГК]»).

Диагностика ЭПО как распознающих систем. эчЭПО (более кислые, максимально кислые в сравнении с исследованными типами рчЭПО) рассматриваются как максимально комплексные сиалированные в сравнении с исследованными нами типами рчЭПО с относительно малым временем контакта с мочой. рчЭПО диагностировался в моче: а) не только в pI-типичной для форм рчЭПО области, но и по появлению новых полос (пиков сканирования) в pI-типичной области форм эчЭПО в моче с удаленным эчЭПО; б) дот-блотингом концентратов мочи (в 500 раз и более) с использованием простых обработок блотов ацетатным буфером при pH 4 и 3; в) как установленный тип рчЭПО по характеру взаимодействия системы его белковых форм с 2–3 типами из числа расширенной панели ГК (по числу форм, их pI-распределению, относительной выраженности хемилюминесценции).

ЭПО в профилактике и терапии болезней. Выявление рчЭПО в моче возможно не только в первые часы, но и вплоть до 96 ч после внутримышечного введения гормона пациенту с почечной гипоксией (болезнь усложняет картину системного ЭПО). Присутствие рчЭПО в моче может регистрироваться по наличию инициируемых перекисью имиджей остаточных оксидоредуктазных продуктов с диагностическим pI-диапазоном в треках с рчЭПО на блоте после изофокусирования в полиакриламидном геле.

Биологические активности ЭПО, не связанные с гипоксией, вовлекающие дополнительные участки распознавания (в том числе возможные лектиновые). К таким активностям относится влияние ЭПО на: апоптоз клеток (против опухолей), ангиогенез (против сердечно-сосудистых болезней, ожогов, черепно-мозговых травм), регенерацию тканей (реэпителизацию), тропность тканей (синтез ЭПО в фибробластах коры почек, в мозге; против почечных болезней в широком смысле, против болезней головного мозга), широкую защиту костной ткани, устранение нарушений ткани в условиях диабета, обратимость инфекций (против аспергиллеза в сочетании с амфотерицином, других патологий).

Каскадные комплексные с ГК СЛЭПО, обратимо формируясь как дежурные, по-видимому, способны последовательно и прогрессивно влиять на другие вторично зависимые от ЭПО-инициирования упорядоченные / сцепленные в тюнинг системы клеточных рецепторов. При этом обеспечиваются уровни возбуждения / готовности рецепторов к коммуникациям и последующим событиям в направлениях выбора организмом активностей системного ЭПО для обеспечения процессов укрепления здоровья.

Сопоставление результатов с активностями ЭПО, отличающимися от действия ЭПО против гипоксии, указывают на потенциал участия наборов паттерновых ГК в регуляции спектра активностей СЛЭПО: обеспечении доступности для СЛЭПО соответствующих наборов гликопаттернов в связи с их демаскированием, доставкой, созданием необходимых (возможно, дополнительных) лектиновых сайтов, в том числе «мегапаттернового» распознавания; последующей СЛЭПО-инициации и каскадной модуляции мозаик рецепторов (нескольких типов рецепторов ЭПО, инициирующих каскады других рецепторов поверхностно-клеточных и внутриклеточных путей сигнализации). Оба фактора обеспечивают разнообразие действия ЭПО как гормона и цитокина на организм.

На примере ЭПО развита концепция о роли распознающих гликопаттерны каскадных системах терапевтического белка как базисных нишевых, вспомогатель-

ных, предварительных, инициирующих, для тонкой последовательной настройки лигандрецепторных межклеточных коммуникаций. Сказанное применимо для любых терапевтических белков с установленными свойствами лектинов (защитных и биомаркерных белков крови, интерлейкинов, интерферонов, факторов роста, других факторов распознавания ГК).

ПСЛ. Свойства. ПСЛ слизистой человека имитируют активности пробиотиков; опережают действие пробиотических клеток (не требуется предварительные синтез ПСЛ и их накопление в районе действия); способны к конверсии (в циклах «клеточная поверхность – секреция – клетки», «диссоциация растворимых форм – реассоциация с ГК» с усилением дистанционного антимикробного действия, образованием функциональных / распознающих наночастиц лектинового типа; укорочением гидролазами с увеличением биологически активных лектиновых молекул с повышенной проницаемостью; проявляют селективность функционирования в направлении мишеней (лектины бифидобактерий [ЛБ]: D-Man-альфа-1-ГК > D-GalNAc-альфа-1-ГК, лектины лактобацилл [ЛЛ]: D-GalNAc-альфа-1-ГК > D-Man-альфа-1-ГК).

Биологические активности. ПСЛ проявляют антагонизм против мукозальных стафилококков (*S. aureus*) и кандид всех главных эпидемиологически значимых групп (I – *C. albicans* и *C. tropicalis*, II – *C. krusei*, III – *C. glabrata*), в том числе раннее (первые 2–3 дня культивирования суспензий) и пролонгированное (до трех месяцев в культурах на твердых средах) действие против штаммов с резистентностью к антибиотикам; обладают сходным с ГК и / или синергичным с ними влиянием (как в случаях D-Man-альфа-1-ГК, D-GalNAc-бета/альфа-1-ГК или L-Fuc-альфа-1-ГК) на миграцию внутрибрюшинных макрофагов; проявляют сходство и различие с лектинами фасоли (фитогемагглютининами (ФГА) – индукторами цитокинов, белками с действием против клеточных линий опухолей) в отношении действия на лейкоциты крови; характеризуются антимикробным межлектиновым синергизмом (кЛЛ и щЛЛ, кЛБ и щЛБ, кЛЛ и щЛБ, кЛБ и щЛЛ, щЛБ и D-GalNAc-альфа-1-ГК-связывающие лектины трав медицинского значения); синергичны с нистатином, кетоконазолом, итраконазолом или амфотерицином-В) против кандид группы I; в отличие от пробиотических клеток, независимы от присутствия антибиотиков и действия других антимикробных факторов; синергичны в атаке с участием ЛЛ и ЛБ в отношении измененных при болезнях условно-патогенных эукариотических клеточных мишенях (как в случаях кандид групп I и II при диагностированных цервико-вагинальных болезнях); действуют против коммуникативных тел (КТ) оппортунистических кандид и стафилококков (нарушают территориальные коммуникации КТ кандид группы I путем превращения единого КТ в остаточные мини-массивы; локализуют и препятствуют дальнейшему распространению территории захвата аспергиллами, вступающими в биоритмический симбиоз (отставание развития во времени) с кандидами группы I); ингибируют факторы вирулентности грибных патогенов (кандид группы III, продуцирующих IgA1- и IgG-протеиназы, инактивирующих АТ человека); участвуют в инфраструктурной организации биотопов как мукозальных органов (мажорные ПСЛ) и сигналлинге (минорные ПСЛ); усиливают антипатогенный статус нормальных экспонированных и маскированных ГК-декоров, определяющих глубину антипатогенной антимикробной и антивирусной, антиопухолевой резистентности слизистых. L-Fuc-альфа-1-ГК обладают потенциалом L-Fuc-ГК-защиты рода би-

фидобактерий и их консорциумов, а также потенциалом пребиотического влияния и поддержки их метаболизма.

ПСЛ и ГК в диагностике:

– для выявления сенсибилизированных для ПСЛ-атаки клеток-мишеней – кандид группы I с мессенджерным (на уровне клеток и тканей человека) и вирулентным потенциалом. В результате ПСЛ-атаки (обнаружения, достижения, распознавания / выбора близких мишеней на клеточной поверхности, связывания, инициации дальнейших событий, в том числе внутриклеточных) нарушающим коммуникации микробиоценоза с мукозой цервико-вагинального тракта человека;

– установление изолятов кандид группы I с повышенной условной патогенностью – по резистентности к антибиотикам, относительной устойчивости к типам ЛБ и ЛЛ) и прогностике (предварительная оценка возможной и вероятной ориентации ПСЛ-штамма, вида, рода в отношении ранжированного по доступности и сродству набора ГК-мишеней (оценка синтетических-ГК-типы-связывающих системных белковых мозаик с учетом выраженных в них мажорных – строительных / инфраструктурных и минорных – сигнальных форм);

– оценка и разработка стратегий влияния ПСЛ на каскадные события в пространстве и во времени против КТ, микробных суспензий (как вариантов динамических КТ), в том числе с учетом биоритмов и микроэкологических межнишевых метаболитно-клеточных взаимоотношений в микробиоценозах биотопов и мукозальных органов). Перспективны дальнейшая оценка и моделирование процессов в биотопах на уровне структурно-функциональной организации КТ, исходя из принципа КТ – «есть тело – есть болезни» [12].

Приведенные данные указывают на широкие перспективы ПС, ПРГКС и ПСЛ, соответствующих им наборов ГК и комплексов, а также их синергетических сочетаний (с антибиотиками, цитокинами, ферментами фитолектинами) в антипатогенной и антиопухолевой поддержке мукозального иммунитета. Среди перспектив – профилактические процедуры комбинированного применения ГК, ПРГКС и ПСЛ, вспомогательное / сопроводительное их использование при терапии болезней в случаях, когда ПС и ПСЛ являются факторами: а) доставки, депонирования, высвобождения и активизации лекарств, метабиотиков, пребиотиков и других эффекторных ГК; б) снижения применяемых в лечении доз антибиотиков; в) борьбы с антибиотико-резистентными патогенами; г) прогностики и диагностики ранних этапов болезни; д) влияния на межклеточные рецепторно-лигандные коммуникации врожденного и адаптивного иммунитета на фоне стабильного функционирования в организме пробиотических метаболических осей.

Свойства ССЛ человека. На основании полученных данных нами выявлены и сформулированы ключевые свойства защитных ССЛ человека, предложены универсальные для ССЛ функционально-организационные принципы. К ним относятся:

1. Аддитивность СЛ-вкладчиков при проявлении свойств ССЛ.

2. Присутствие в ССЛ мажорных СЛ и компонентных форм СЛ по вкладу в действие ССЛ (с перспективами контроля макроинфраструктуры биотопа, его модуляции и перестройки в мукозальном органе в ответ на стрессовые изменения в окружении) и минорных форм (сигнальных, в том числе выявляемых новых – следовых экспрессионных молекул; для осуществления тонкой регуляции в биотопном окружении в ответ на чужеродные или ставшие чужеродными агенты).

3. Способность ССЛ функционировать как метаболомбиотики: с действием сеть-на-сеть (в противодействии враждебным реакциям) и сеть-в-сети (в согласованных рамках функционирования в интерактоме человека); в сетевых узлах ССЛ – переключение метатаболитно-клеточных и межклеточных путей в интерактоме человека; в узлах – не только синергизм защитных СЛ, но и их антагонизм в отношении СЛ патогенов.

4. Способность к организации твердофазных функционирующих защитных цитокиново-клеточных градиентов в биотопах в противовес суспензиальным и биопленочным патогенам. Способность ССЛ формировать новые сайты распознавания лектинового типа (мегапаттерновые в межмолекулярных, межклеточных и метаболитно-клеточных контактах).

5. Способность увеличивать число форм в СЛи ССЛ в процессах сетевых сборок.

6. Способность создавать новые комбинированные сочетания метаболитно-клеточного лектинового распознавания (распознавания лектинового типа) как протяженные, мозаичные, гликопаттерновые и тюнинговые / настроечные, увеличивающие маневренность и адаптивность защитной ССЛ.

7. Реализация компонентами ССЛ в субцитоагглютинирующих концентрациях сцепленных с ними защитных активностей на твердофазной и клеточной поверхностях.

8. Способность к конверсии в ассоциативные комплексные формы с дистанционным действием.

9. Способность к конверсии в диссоциированные и укороченные (фрагментарные) формы с повышением проницаемости лектинов и их антимикробного и антивирусного действия.

10. Способность защитной ССЛ противодействовать лектинам патогенов (в реакциях конкуренции в отношении наборов ГК, белкового замещения, создания местного барьера, инактивации вирулентных факторов).

11. Проявление клеточного, тканевого и органного тропизма при функционировании ССЛ, например в местах биосинтеза первичных СЛ – составляющих ССЛ.

12. В одном и том же месте могут локализоваться / кофункционировать несколько типов СЛ (первичное действие С4/С3СЛ и СЛЭПО в почках и печени; в слизистой (лактобациллярные СЛ – с преимущественным действием в слизистой урогенитального тракта, а бифидобактериальные СЛ – с преимуществом в кишечном тракте); лактобациллярные и бифидобактериальные СЛ как синергичные в узнавании кандидных мишеней в цервико-вагинальном тракте).

13. Вторичное действие СЛ – по всему организму через кровь в случае С4/С3СЛ в реакциях классического и лектинового путей системы комплемента; также в случае СЛЭПО действующего как фактор поддержки терапии ряда болезней; или в направлениях «метаболитных осей слизистых» в случае ПСЛ как сдерживающей патогены.

14. Соответствие функционирования ССЛ принципам взаимного распознавания.

А. Принцип «1 лектин – ранжированный по структуре и доступности набор ГК» (как в случаях СЛЭПО и ПСЛ). Это позволяет лектину обнаруживать набор различных патогенов, патогена с измененной варьирующей поверхностью, ставших «чужеродными» клеток. Упрощается вспомогательная надстроечная для эффекторных ГК реализация, универсализация и экономизация функции лектина. Имеет ме-

сто зависимость реакций лектина от сродства и доступности ГК (близости к месту действия, отсутствия маскированности или стерического препятствия), приближения принципа к представлениям о чувствительности к мозаике ГК или гликопаттернам, что важно для осуществления тюнинга каскадов рецепторов на клеточной поверхности, регулирующих межклеточные пути и коммуникации врожденного и адаптационного иммунитета.

Б. Принцип «1 ГК – набор лектинов» (как в случаях СЛЭПО и ПСЛ; повышается надежность связывания клеток патогенов и ставших чужеродными клеток набором защитных лектинов). Это позволяет, с одной стороны, упрощать регуляцию, модулирование и переключение, синхронизацию разных лектинов в разных типах СЛ, а с другой стороны, создает условия для пролонгированной адекватной адаптации лектина в различных условиях окружения для осуществления вспомогательного действия в отношении эффекторных надстроек.

На указанных выше обоих принципах осуществляется сбалансированная согласованная работа ССЛ как дежурной, надзорной, обратимой и способной к модуляции защиты в биотопного окружения.

15. Способность ССЛ контролировать, создавать и поддерживать адекватные и не противоречащие норме пространственные ГК-декоры / площадки / поверхности в порах и толще слизистой, экспонированные наборы ГК внеклеточных и поверхностно-клеточных / оболочечных матриксов, как в случае СЛ с антипатогенным и противоопухолевым действием в мукозальных органах, осуществляемым как противодействие нормального баланса изменениям / резким колебаниям.

16. Обеспечение глубины / буферности (запаса прочности) достигнутого состояния здоровья биотопа для поддержания достигнутого статуса, его консервации и противодействия его изменения.

17. Поддержание проявления детерминированности / зрелости инфраструктуры ССЛ – ГК как гарантии здоровой ткани и органа (в том числе против измененной микрофлоры, а также против дедифференцированных – опухолевых клеток).

Перечисленные выше свойства защитных ССЛ указывают на широкий потенциал их использования организмом и в организме (при доставке в биотопы). В частности, ССЛ имеет перспективы широкомасштабного (по всему организму) направленного действия против эукариотических патогенов, а также против вирусов.

Помимо исследованных в работе четырех типов СЛ, имеет место перспектива дальнейшего расширения защитных ССЛ за счет учета других белков распознавания (лектиновых рецепторов клеток врожденного иммунитета, белков системы комплемента, белков с установленными свойствами лектинов).

Выводы. В отношении ПС приведенные выше данные указывают на то, что:

1. ПС повышают биобезопасность организма – резистентность микробиоценозов к патогенным факторам и факторам стресса окружающей среды. Терапевтические постбиотики организованы в ПС противодействия болезням и другим патологическим, отличающимся от нормы, процессам. Приведенные данные указывают на эффективность ПС и ПРГКС против широкого ряда болезней.

ПСЛ являются перспективными источниками терапевтических ПРГКС и других поддерживающих здоровье ПС. Перспективны высокомолекулярные ПС, участвующие в конверсии ПС-составов.

2. Сформулированы основные свойства метаболитной ССЛ организма человека с пробиотическим и постбиотическим действием. ССЛ функционирует как важная

дежурная базисная (для сети надстроечных эффекторов) защитная ниша интерактома человека. Состав ССЛ может быть расширен с учетом других типов метаболитных и рецепторных СЛ. Представления о ССЛ являются универсальными, важными для применения в целях профилактики, биоконтроля предболезни и терапии болезней. Характеризация защитных ССЛ в организме как факторов здоровья позволяет выходить на новые диагностико-прогностические критерии поддержания здоровья и противостояния факторам риска инфекционной, опухолевой и аутоиммунной природы у индивидуума и контингентов городского и областного значения.

Список литературы

1. Взаимоотношения систем комплемента, Toll-подобных рецепторов, CD-антигенов и цитокинов в норме и при патологиях / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, С.С. Афанасьев [и др.] // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2015. – № 6. – С. 62–66.

2. Визуальные паттерны субизотипов С4А и С4В компонента С4 системы комплемента человека в диагностике системных аутоиммунных и инфекционных болезней / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, С.С. Афанасьев [и др.] // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2015. – № 5. – С. 88–93.

3. Дежурные молекулярно-клеточные системы лектиновых метаболомбиотиков здорового организма человека / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, С.С. Афанасьев [и др.] // Практическая фитотерапия. – 2014. – № 4. – С. 8–13.

4. Идентификация белковых и лектиновых систем эритропоэтинов / В.М. Лахтин, М.В. Лахтин, В.А. Алешкин, С.С. Афанасьев // Уральский научный вестник. – 2019. – № 2 (1). – С. 3–13.

5. Консорциумные и штаммовые пробиотические лектиновые системы мукозального иммунитета против мукозальных инфекций и опухолей: потенциал влияния на микробиоценозы посредством про/синбиотиков / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, С.С. Афанасьев [и др.] // Проблемы научной мысли. – 2018. – № 7 (12). – С. 25–44.

6. Кофункционирование защитных систем: мукозальный иммунитет и система комплемента человека / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, С.С. Афанасьев [и др.] // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2015. – № 5. – С. 113–122.

7. Лахтин В.М., Лахтин М.В., Алешкин В.А. Лектиновая защита суперорганизма // Уральский научный вестник. – 2019. – № 3 (10). – С. 6–28.

8. Лахтин В.М., Лахтин М.В., Давыдкин В.Ю. Распознающие гликоконъюгаты системы в медицинской биотехнологии // Проблемы научной мысли. – 2020. – Т. 3, № 6. – С. 15–35.

9. Лектины в антираковых стратегиях / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, В.А. Алёшкин [и др.] // Acta Biomedica Scientifica. – 2018. – № 3 (4). – С. 69–77. DOI: 10.29413/ABS.2018-3.4.11.

10. Лектиновые рецепторы в коммуникациях / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, В.А. Алёшкин [и др.] // News Science Education. – 2018. – № 2 (3). – С. 76–98.

11. Лектины и ферменты в биологии и медицине / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, В.А. Алешкин [и др.]. – М.: Династия, 2010. – 496 с.

12. Лектины пробиотиков против болезней микробиоценозов в организме человека / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, С.С. Афанасьев [и др.] // Уральский научный вестник. – 2017. – № 2 (9). – С. 35–45.

13. Лектины и гликоконъюгаты в презентации антигенов и защите от патогенов / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, С.С. Афанасьев [и др.] // Клиническая лабора-

торная диагностика. – 2018. – Т. 63 (10). – С. 619–625. DOI: 10.18821/0869-2084-2018-63-10-619-625

14. Лектиновые суперсистемы человека с пробиотическим и защитным действием / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, А.Ю. Миронов [и др.] // Клиническая лабораторная диагностика. – 2020. – Т. 65 (4). – С. 231–238. DOI: 10.18821/0869-2020-65-4-231-238.

15. Новые гликоконъюгаты-распознающие системы в прогнозировании антиинфекционного интерактома человека / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, С.С. Афанасьев [и др.] // Здоровье и образование в XXI веке. – 2015. – Т. 17, № 4. – С. 378–383.

16. Подходы к изучению терапевтических постбиотиков / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, И.Ю. Давыдкин [и др.] // Уральский научный вестник. – 2020. – № 3 (5). – С. 3–15.

17. Распознающие гликопаттерны NK-клетки против опухолей на фоне эпидемически значимых вирусных инфекций / М.В. Лахтин, В.М. Лахтин, В.А. Алешкин [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 1. – С. 144–153.

18. Lakhtin V.M., Lakhtin V.M., Davydkin V.Yu. Bifidobacteria – sources of antimycotic systems // Process Management and Scientific Developments: Proceedings of the International Conference (Peking, China, August 5, 2020). – Scientific publishing house Infinity, 2020. – Part 1. – P. 120–128. DOI: 10.34660/INF.2020.27.65.002

19. Relationships between probiotic lectins and postbiotics / V.M. Lakhtin, M.V. Lakhtin, V.Yu. Davydkin [et al.] // World Journal of Advanced Research and Review (WJARR). – 2020. – Vol. 07 (01). – P. 142–148. DOI: 10.30574/wjarr.2020.7.1.0234

Исследование и сравнительная оценка функциональной кумуляции наночастиц оксида меди (II) при многократной пероральной экспозиции

М.С. Степанков[1,2]

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

При многократном пероральном введении наночастиц оксида меди (II) (CuO) установлена гибель 50 % особей животных опытной группы. При экспозиции микрочастицами CuO гибели не установлено. В цельной крови отмечено повышение доли сегментоядерных нейтрофилов, количества лейкоцитов и снижение доли лимфоцитов при действии наночастиц CuO относительно изменения данных показателей при введении микроразмерного аналога. Более высокие уровни активности аланинаминотрансферазы, амилазы и лактатдегидрогеназы зафиксированы в плазме крови животных опытной группы относительно группы сравнения. При действии наночастиц CuO, в отличие от действия микрочастиц, установлены

гиалиново-капельная дистрофия гепатоцитов и эпителия проксимальных канальцев почек, центролобулярный некроз печени. Обобщение полученных результатов может свидетельствовать, что наночастицы CuO обладают более выраженной функциональной кумуляцией относительно частиц микродисперсного аналога.

Ключевые слова: оксид меди, наночастицы, пероральная экспозиция.

В настоящее время спектр применения наноматериалов активно расширяется, охватывая различные сферы хозяйственной деятельности человека [6]. Наноматериалы получили широкое распространение благодаря своим уникальным физико-химическим характеристикам, обусловленным малыми размерами, высокой удельной площадью поверхности и высокой реакционной способностью, что не свойственно материалам стандартной размерности. Однако уникальные свойства наноразмерных материалов обеспечивают их способность эффективно проникать через защитные барьеры организма, накапливаться в ультраструктурах и цитоплазме клеток, вызывая патоморфологические изменения на тканевом и органном уровнях.

Одним из таких материалов являются наночастицы оксида меди (II) (CuO), применяющиеся в медицине – в биоцидных препаратах; электронике – в суперконденсаторах, полупроводниках, датчиках, солнечных батареях, сенсорах; сельском хозяйстве – в составе удобрений и пестицидов; аэрокосмической отрасли – в качестве катализатора горения топлива [5, 10]. В связи с широким спектром применения наночастиц CuO возрастает мировой объем их производства. Так, в 2010 г. данный показатель оценивается в 200 тонн в год, в 2014 г. – 570 тонн в год, а к 2025 г. ожидается увеличение до 1600 тонн в год [12].

Согласно данным, представленным в источниках научной литературы, наночастицы CuO, проникая в организм, накапливаются в различных органах [21, 22], вызывают увеличение продукции активных форм кислорода [17], проявляют цитотоксичность [11, 16, 19, 20], обусловливают патоморфологические изменения тканей [13, 21, 22], оказывают генотоксическое [14], иммунотоксическое [18] и, вероятно, канцерогенное действие [21].

Принимая во внимание широкий спектр применения, высокие объемы производства и известные негативные эффекты наночастиц CuO, приобретают актуальность исследования, направленные на составление токсиколого-гигиенической характеристики данного наноматериала при различных путях поступления в организм.

Цель работы – исследование и сравнительная оценка функциональной кумуляции наночастиц CuO при многократной пероральной экспозиции.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводили с использованием порошка нанодисперсного CuO производства компании Sigma Aldrich в сравнении с порошком микродисперсного аналога производства той же компании. Оценка размера частиц тестируемых материалов выполнена методом растровой электронной сканирующей микроскопии (РЭМ) на сканирующем микроскопе высокого разрешения S-3400N (HITACHI, Япония). Исследование и оценка удельной площади поверхности частиц CuO выполнена методом Брунауэра, Эммета и Теллера на анализаторе ASAP 2020 (Micromeritics, США).

Эксперименты на животных проведены в соответствии с требованиями этического комитета ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения и «Руководством по уходу и использованию лабораторных животных» [3]. Исследование функциональной кумуляции наночастиц CuO при

многократном пероральном поступлении проводили на половозрелых самцах крыс линии Wistar массой 250–300 г в соответствии с методикой, предложенной Лимом и соавторами. Экспериментальных животных ($n = 25$) случайным образом распределили на опытную группу ($n = 10$) для исследования нанопорошка, группу сравнения ($n = 10$) – микропорошка, и контрольную группу ($n = 6$), не экспонированную изучаемыми материалами. Перед введением порошки нано- и микродисперсного CuO переводили в форму водных суспензий. Начальная исследуемая доза нано- и микроматериала составила 1/10 (250 мг/кг массы тела) среднелетальной дозы (LD_{50}) при однократной пероральной экспозиции, указанной в паспортах безопасности [7, 8]. Каждые четверо суток дозу увеличивали в 1,5 раза. Экспозицию осуществляли до достижения гибели 50 % особей в одной из групп. По показателю гибели установлено значение LD_{50} при многократном введении.

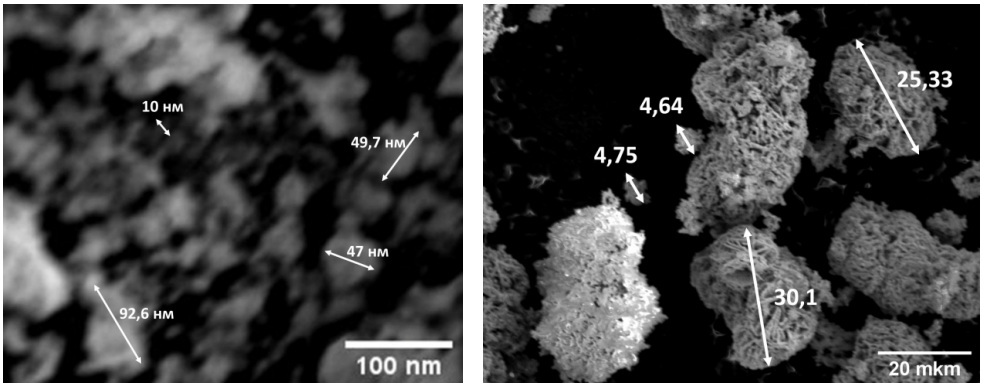
Через сутки после последней экспозиции у выживших животных проводили забор крови из подъязычной вены в объеме 3 $см^3$. Исследование гематологических показателей крови осуществляли с помощью автоматического анализатора Coulter Ac*T 5diff AL (Beckman Culter, США), биохимических – с помощью автоматического анализатора Keylab (BPC BioSed, Италия). Определение антиоксидантной активности плазмы и уровня малонового диальдегида (МДА) проводили на спектрофотометре ПЭ-5300В («Экрос», Россия).

Проведено гистологическое исследование внутренних органов экспериментальных животных. Извлеченные образцы фиксировали в 10%-ном растворе забуференного нейтрального формалина. 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 по общепринятой методике гематоксилином и эозином в роботе-окрашивателе Varistain Gemini ES (Thermo Scientific, Германия). Микрофотографии сделаны с помощью камеры Mikroskopkamera AxioCam ERc 5s (Carl Zeiss, Германия).

Математическую обработку результатов исследования осуществляли с помощью параметрических методов статистики, предварительно оценивали соответствие полученных результатов закону нормального распределения, выполняли расчет выборочного среднего (M) и стандартной ошибки (m), проверку гипотезы о совпадении выборочных средних с использованием t-критерия Стьюдента. Различия полученных результатов считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты. По результатам РЭМ средний размер частиц нанопорошка CuO составил 45,86 нм, что в 303 раза меньше значения данного показателя у частиц микропорошка (13,90 мкм) (рис. 1). Большая доля частиц нанопорошка (64,33 %) имеет размер 6–50 нм. Доля наночастиц размером до 100 нм составила 93,28 % от общего количества частиц. В составе микропорошка большую долю (27,10 %) составляют частицы размером 15–20 мкм, общий диапазон фракционного состава при этом соответствует 2,9–38,6 мкм. Удельная площадь поверхности наноматериала составила 17,70 $м^2/г$, что в 9,6 раза выше данного показателя у микродисперсного аналога (1,84 $м^2/г$).

При многократной пероральной экспозиции наночастицами CuO гибель 50 % особей достигается при суммарной дозе исследуемого наноматериала 13187,5 мг/кг массы тела на 20-е сутки эксперимента. Гибель животных в группе сравнения, экспонированных микрочастицами в той же дозе, не установлена.



а *б*

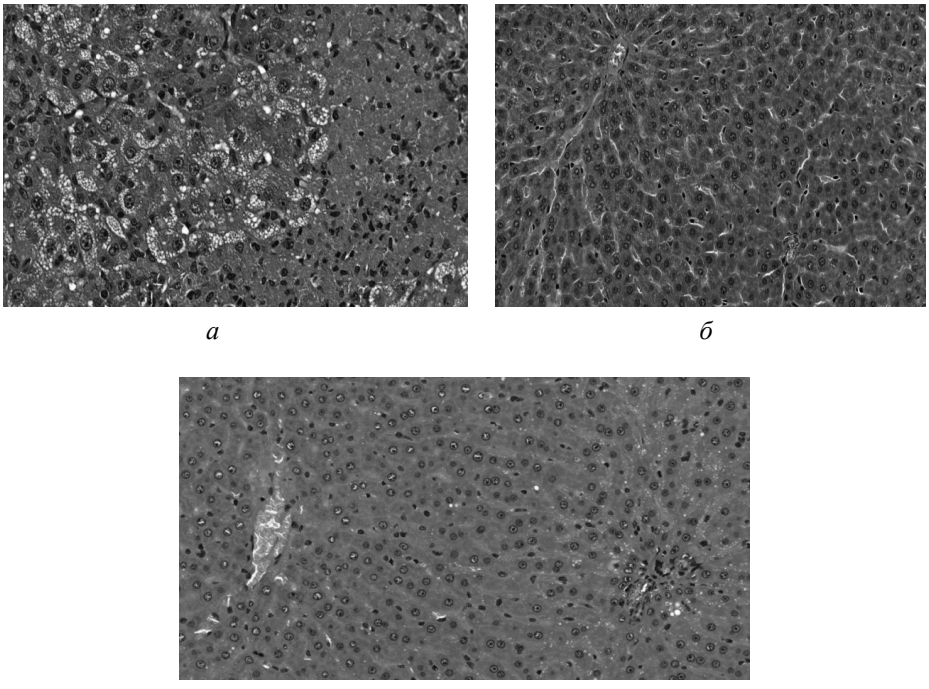
Рис. 1. Изображение CuO с помощью РЭМ: *а* – наночастиц; *б* – микрочастиц

По результатам исследования гематологических показателей крови животных опытной группы установлено увеличение доли сегментоядерных нейтрофилов и количества лейкоцитов в 1,93 ($p < 0{,}0001$) и 1,78 раза ($p = 0{,}009$) соответственно, а также снижение доли лимфоцитов в 1,77 раза ($p = 0{,}001$), количества тромбоцитов – в 1,51 раза ($p = 0{,}02$) и уровня тромбокрита – в 1,61 раза ($p = 0{,}003$) относительно данных показателей у животных контрольной группы. Действие микрочастиц CuO на гематологические показатели проявляется в снижении количества тромбоцитов и уровня тромбокрита относительно контроля в 1,39 ($p = 0{,}006$) и 1,39 раза ($p = 0{,}009$) соответственно. У животных опытной группы относительно группы сравнения повышены доля сегментоядерных нейтрофилов в 1,62 раза ($p = 0{,}0003$), количество лейкоцитов – в 1,65 раза ($p = 0{,}015$), и снижена доля лимфоцитов – в 1,66 раза ($p = 0{,}0002$).

По результатам исследования биохимических показателей крови животных, экспонированных наночастицами CuO, относительно контроля зафиксировано увеличение уровней активности аланинаминотрансферазы (АлАТ), амилазы, лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в 1,62 ($p = 0{,}016$), 6,79 ($p < 0{,}0001$), 3,35 раза ($p < 0{,}0001$) соответственно. В группе сравнения относительно контроля выявлено увеличение уровней амилазы в 2,31 раза ($p < 0{,}0001$) и ЛДГ в 1,60 раза ($p = 0{,}005$). Различия в биохимических показателях крови животных опытной группы относительно данных группы сравнения отмечены в увеличении уровней АлАТ, амилазы и ЛДГ в 2,08 ($p = 0{,}002$), 2,94 ($p < 0{,}0001$) и 2,10 раза ($p = 0{,}002$) соответственно.

Исследование антиоксидантного статуса животных опытной группы позволило выявить относительно контроля снижение антиоксидантной активности плазмы в 1,47 раза ($p = 0{,}02$) и увеличение уровня МДА в 4,20 раза ($p < 0{,}0001$). У животных группы сравнения отмечены схожие изменения относительно контроля: антиоксидантная активность снижена в 1,60 раза ($p < 0{,}0001$), уровень МДА увеличен в 1,74 раза ($p < 0{,}0001$). При сопоставлении значений данных показателей между животными групп опыта и сравнения не установлено статистически достоверных различий антиоксидантной активности, уровень МДА выше после экспозиции наночастицами CuO в 2,42 раза ($p < 0{,}0001$).

Гистологическими методами исследования установлен острый гепатит у животных групп опыта и сравнения. Патоморфологические изменения тканей печени после экспозиции наночастицами CuO представлены в виде гиалиново-капельной дистрофии гепатоцитов и центролобулярных некрозов, не зафиксированных при действии микродисперсного аналога (рис. 2).



а *б*

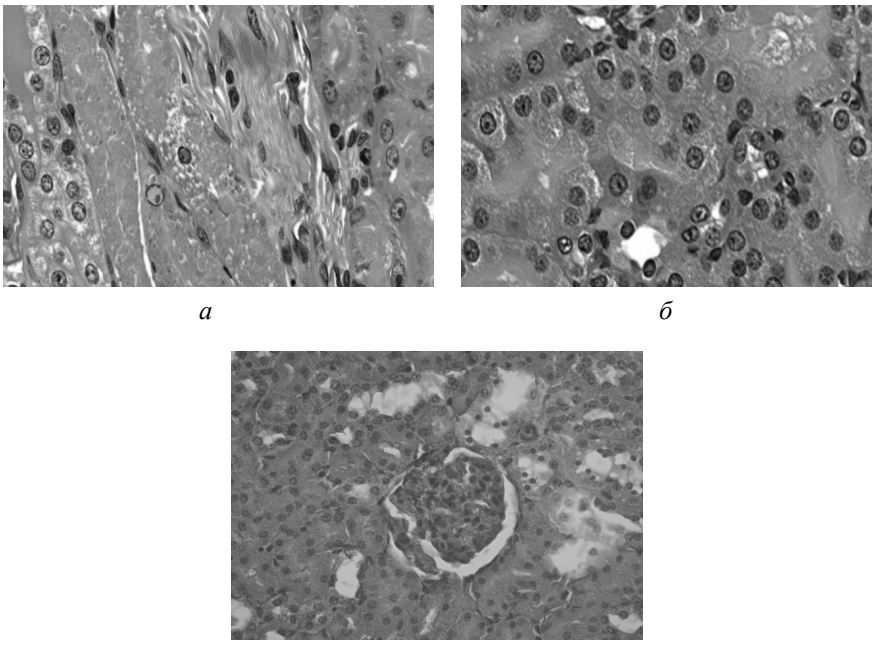
в

Рис. 2. Микрофотографии печени крыс: *а* – опытная группа; *б* – группа сравнения; *в* – контрольная группа. Окраска гематоксилином и эозином, 200:1

Эпителий проксимальных канальцев почек животных опытной группы подвержен гиалиново-капельной дистрофии, установленной в данном органе наряду со скоплениями коричневого пигмента и пролиферацией мезангиальных клеток, характерных также при действии микроразмерного CuO (рис. 3).

После экспозиции нано- и микрочастицами CuO в тканях желудка экспериментальных животных отмечены острый эозинофильный гастрит и скопления коричневого пигмента (рис. 4).

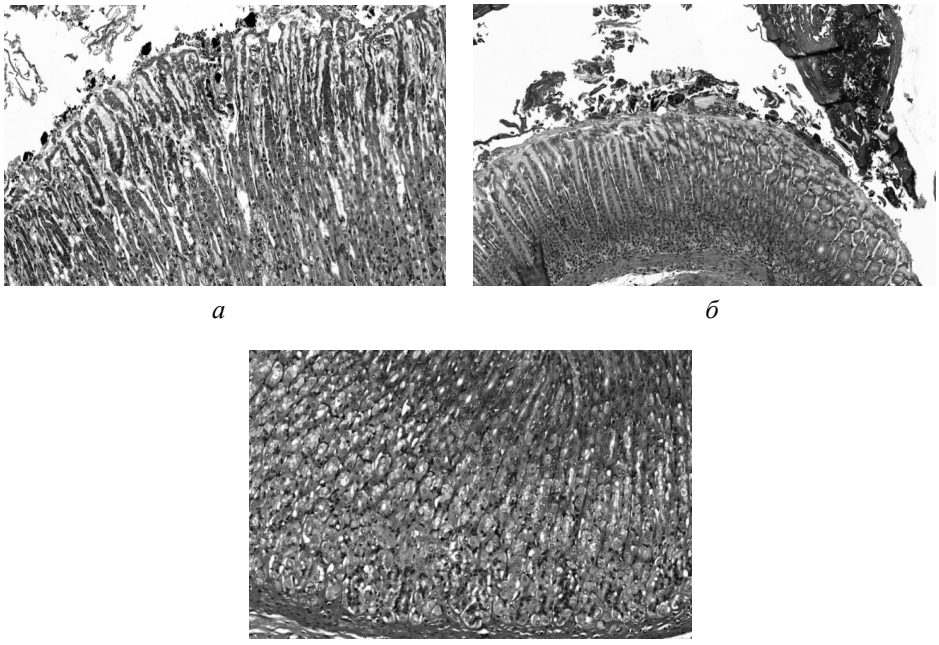
Изменения в тонком кишечнике при действии нано- и микродисперсного CuO проявляются в виде гиперплазии лимфоидной ткани, ассоциированной со слизистой оболочкой, эозинофильного энтерита, гиперплазии клеток Панета. У животных группы сравнения в тканях тонкого кишечника обнаружен коричневый пигмент (рис. 5). Установлен распространенный эозинофильный колит в толстом кишечнике животных групп опыта и сравнения (рис. 6). В обеих экспонированных группах в тканях легких отмечены гиперплазия лимфоидной ткани, абсцесс, эозинофильная интерстициальная пневмония, острый эозинофильный бронхит, распространенные васкулиты, скопления коричневого пигмента в цитоплазме макрофагов (рис. 7).



а *б*

в

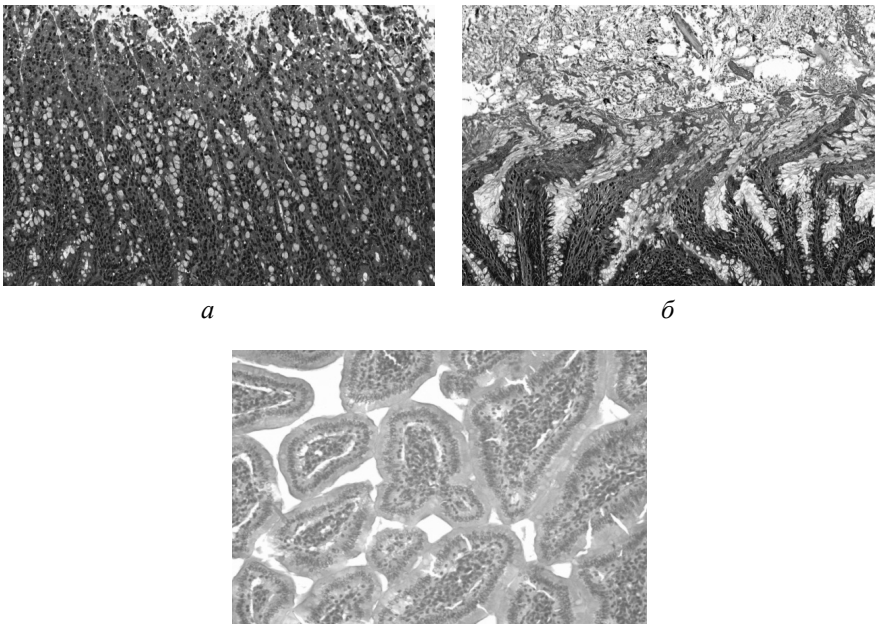
Рис. 3. Микрофотографии почек крыс: *а* – опытная группа; *б* – группа сравнения; *в* – контрольная группа. Окраска гематоксилином и эозином, 400:1



а *б*

в

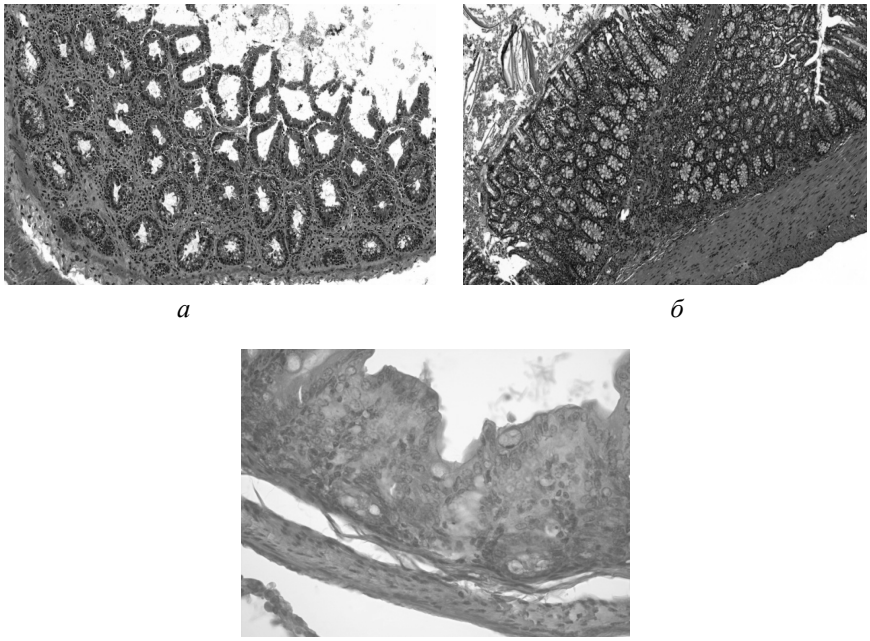
Рис. 4. Микрофотографии желудка крыс: *а* – опытная группа; *б* – группа сравнения; *в* – контрольная группа. Окраска гематоксилином и эозином, 200:1



а *б*

в

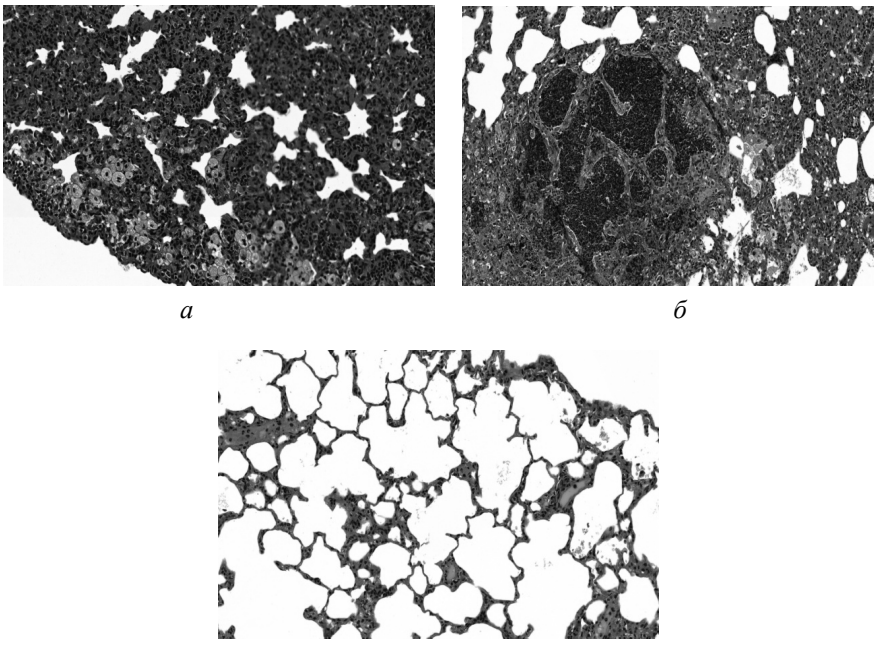
Рис. 5. Микрофотографии тонкого кишечника крыс: *а* – опытная группа, *б* – группа сравнения; *в* – контрольная группа. Окраска гематоксилином и эозином, 200:1



а *б*

в

Рис. 6. Микрофотографии толстого кишечника крыс: *а* – опытная группа; *б* – группа сравнения; *в* – контрольная группа. Окраска гематоксилином и эозином, 200:1



а *б*

в

Рис. 7. Микрофотографии легких крыс: *а* – опытная группа; *б* – группа сравнения; *в* – контрольная группа. Окраска гематоксилином и эозином, 200:1

Таким образом, установлено, что изучаемый образец CuO является наноматериалом, так как большая доля составляющих его частиц (93,28 %) имеет размер до 100 нм и высокую относительно микрочастиц удельную площадь поверхности. При многократном пероральном введении LD_{50} наночастиц CuO составляет 13 187,5 мг/кг массы тела, в то время как при экспозиции микродисперсным аналогом данное значение не установлено в связи с отсутствием гибели животных в группе сравнения. Изменения лейкоцитарной формулы крови животных опытной группы указывают на развитие воспалительного процесса [1], что подтверждено гистологическими методами исследования в тканях печени, легких, желудка, тонкого и толстого кишечника. Снижение количества тромбоцитов и их доли в составе периферической крови животных групп опыта и сравнения согласуется с данными, полученными при экспозиции крыс наночастицами CuO в дозе 0,5 мг/кг массы тела в течение 28 суток [15]. Вероятно, тромбоцитопения связана с нарушениями функций печени экспонированных животных, которые способствуют интоксикации организма [1].

Наночастицы CuO вызывают более выраженные патоморфологические изменения относительно частиц микродисперсного аналога, что проявляется в гиалиново-капельной дистрофии гепатоцитов и эпителия проксимальных канальцев почек животных опытной группы, не установленной в группе сравнения. Наличие данной патологии может быть обусловлено извращенным синтезом белка в результате воспаления [3]. Для дальнейшего развития гиалиново-капельной дистрофии характерен некроз, отмеченный в тканях печени живот-

ных опытной группы [3]. Патологии, обнаруженные в тканях печени, вероятно, обусловливают увеличение уровней АлАТ и ЛДГ у животных опытной группы, что совпадает с результатами проведенных ранее исследований [4, 22]. Коричневый пигмент, обнаруженный в тканях желудка, почек и легких животных групп опыта и сравнения, вероятно, является оксидом меди. В исследовании [7] установлено, что наночастицы CuO растворяются в кислой среде желудка (pH 1,5) в количестве 84,5 % от общего числа частиц, в то время как доля растворенных микрочастиц составила 17,2 %. Низкая растворимость микрочастиц CuO относительно наноразмерного аналога обусловливает большее количество пигмента в желудке и его наличие в тонком кишечнике животных группы сравнения, чего не установлено в опытной группе.

Снижение антиоксидантного статуса и высокие уровни МДА в плазме крови животных, экспонированных нано- и микрочастицами CuO, относительно контроля указывают на повышение генерации АФК и вероятное развитие окислительного стресса, способного привести к воспалительным процессам, зафиксированным в различных органах животных групп опыта и сравнения [4]. Увеличение уровня МДА более выражено при действии наноразмерного материала.

Выводы. Исследованный образец наночастиц CuO обладает более выраженной функциональной кумуляцией при многократной пероральной экспозиции относительно частиц микроразмерного аналога, на что указывает наличие гибели, более выраженные изменения показателей гематологического, биохимического, антиоксидантного статусов крови и тканей органов животных, экспонированных наноматериалом. Полученные результаты необходимо учитывать при разработке профилактических мер для производителей и потребителей продукции, содержащей наночастицы CuO.

Список литературы

1. Назаренко Г.И, Кишкун А.А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. – М.: Медицина, 2006. – 543 с.

2. Руководство по уходу и использованию лабораторных животных (Guide for the care and use of laboratory animals) // National Research Council of the national academies. – Washington: The national academies press, 2011. – 248 p.

3. Струков А.И., Серов В.В. Патологическая анатомия: учебник. – 5-е изд., стер. – М.: Литтерра, 2010. – 880 с.

4. Acute and subacute oral toxicity of copper oxide nanoparticles in female albino Wistar rats / L.S.P. Bugata, P.P. Venkata, A.R. Gundu [et al.] // J. Appl. Toxicol. 2019. – Vol. 39, № 5. – P. 702–716.

5. Ameh T., Sayes C.M. The potential exposure and hazards of copper nanoparticles: A review // Environmental Toxicology and Pharmacology. – 2019. – Vol. 71. – 8 p.

6. Benefits and Applications [Электронный ресурс] // National Nanotechnology Initiative. – URL: https://www.nano.gov/you/nanotechnology-benefits (дата обращения: 03.09.2020).

7. Comparative toxicity and biodistribution assessments in rats following subchronic oral exposure to copper nanoparticles and microparticles / I.-C. Lee, J.-W. Ko, S.-H. Park [et al.] // Particle and Fibre Toxicology. – 2016. – Vol. 13, № 56. – P. 16.

8. Copper (II) oxide nanopowder material safety data sheet (MSDS) // Sigma-Aldrich. – 2019. – 9 p.

9. Copper (II) oxide powder material safety data sheet (MSDS) // Sigma-Aldrich. – 2019. – 9 p.

10. Copper Oxide (CuO) nanoparticles – Properties, Applications [Электронный ресурс] // Azonano. – 2013. – URL: https://www.azonano.com /article.aspx?ArticleID=3395 (дата обращения: 03.09.2020).

11. Copper oxide nanoparticles are highly toxic: a comparison between metal oxide nanoparticles and carbon nanotubes / H.L. Karlsson, P. Cronholm, J. Gustafsson [et al.] // Chemical Research in Toxicilogy. – 2008. – Vol. 21, № 9. – P. 1726–1732.

12. Ecotoxicological effects and mechanism of CuO nanoparticles to individual organisms / J. Hou, X. Wang, T. Hayat [et al.] // Environmental Pollution. – 2017. – Vol. 221. – P. 209–217.

13. Evaluation of acute toxicity and copper accumulation in organs of Wistar rats, 14 days after oral exposure to copper oxide (II) nano- and microparticles / M. Maciel-Magalhães, R.J. Medeiros, J.S. Bravin [et al.] // J. Nanopart. Res. – 2020. – Vol. 22, № 2. – P. 11.

14. Genotoxic effects of copper oxide nanoparticles in Neuro 2A cell cultures / F. Perreault, S.P. Melegari, C.H. Costa [et al.] // Science of The Total Environment. – 2012. – Vol. 441. – P. 117–124.

15. Hematotoxicity Induced by Copper Oxide and/or Zinc Oxide Nanoparticles in Male Albino Rats / R.A.M. Yahya, A.M. Attia, S.G. El-Banna [et al.] // Journal of Biotechnology and Bioengineering. – 2019. – Vol. 3,. № 4. – P. 1–7.

16. Lysosomal deposition of copper oxide nanoparticles triggers HUVEC cells death / J. Zhang, Z. Zou, B. Wang [et al.] // Biomaterials. – 2018. – Vol. 161. – P. 228–239.

17. Nano-copper induces oxidative stress and apoptosis in kidney via both extrinsic and intrinsic pathways / A. Sarkar, J. Das, P. Manna [et al.] // Toxicology. – 2011. – Vol. 290, № 2–3. – P. 208–217.

18. Naz S., Gul A., Zia M. Toxicity of copper oxide nanoparticles: a review study // IET Nanobiotechnol. – 2020. – Vol. 14, № 1. – P. 1–13.

19. Redza-Dutordoir M., Averill-Bates D.A. Activation of apoptosis signalling pathways by reactive oxygen species // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Molecular Cell Research. – 2016. – Vol. 1863, № 12. – P. 2977–2992.

20. Strauch B.M., Hubele W., Hartwig A. Impact of Endocytosis and Lysosomal Acidification on the Toxicity of Copper Oxide Nano- and Microsized Particles: Uptake and Gene Expression Related to Oxidative Stress and the DNA Damage Response // Nanomaterials. – 2020. – Vol. 10, № 4. – P. 15.

21. Subchronic Toxicity of Copper Oxide Nanoparticles and Its Attenuation with the Help of a Combination of Bioprotectors / L.I. Privalova, B.A. Katsnelson, N.V. Loginova [et al.] // Int. J. Mol. Sci. – 2014. – Vol. 15, № 7. – P. 12379–12406.

22. Toxicity of copper oxide and basic copper carbonate nanoparticles after short-term oral exposure in rats / W.H. Jong, E. Rijk, A. Bonetto [et al.] // Nanotoxicology. – 2019. – Vol. 13, № 1. – P. 50–72.

Особенности иммунной регуляции у взрослого населения, проживающего в условиях аэрогенной экспозиции алюминием

Ю.А. Челакова, О.В. Долгих, А.С. Ширинкина

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

Выполнено диагностическое обследование 78 человек, постоянно проживающих в зоне аэрогенной экспозиции алюминием. Группу контроля составили 22 человека. Иммунологические исследования подтверждают наличие донозологических нарушений со стороны иммунной системы: прослеживается снижение фагоцитарной активности клеток; установлен дефицит сывороточного IgG; наблюдается достоверное превышение нормы относительного и абсолютного содержания T-reg ($CD127^-$), избыточно содержание антиапоптотического фактора Bcl-2, а также дефицит Т-клеточных активационных маркеров $CD95^+$ и $CD25^+$ достоверно измененные по отношению к группе контроля ($p < 0,05$). Одновременно с этим выявлен избыточный уровень IgG специфического к алюминию. Таким образом, у взрослого населения, экспонированного алюминием, установлены особенности иммунного профиля, выражающиеся в дисбалансе гуморального и клеточного иммунитета, на фоне повышенной специфической сенсибилизации организма к алюминию.

Ключевые слова: алюминий, взрослое население, сенсибилизация, CD-иммунограмма.

Алюминий – один из наиболее распространенных в природе элементов и занимает третье место после кислорода и кремния, с которыми в виде алюмосиликатов составляет больше 82 % массы земной коры [3]. Установлено, что соединения алюминия нарушают процессы фосфорилирования (синтез АТФ), изменяют энергообмен в клетках, в результате чего клетки теряют способность к нормальному размножению, начинают делиться хаотично, порождая опухоли, отмечается факт алюминийиндуцированного апоптоза [6]. Также алюминий известен как нейротоксичный металл, действие которого выражается в нарушениях двигательной активности, снижении или потере памяти, психопатических реакциях [7]. Алюминий относится к иммунотоксичным элементам, он способен кумулироваться и подавлять функцию макрофагов, Т-лимфоцитов и В-лимфоцитов [1, 4]. При этом он вызывает не только супрессию клеточных реакций, но и митогенный эффект лимфоцитов [5].

Цель работы – оценка особенностей показателей иммунной регуляции у взрослого населения, проживающего в зоне аэрогенного загрязнения алюминием.

Материалы и методы. При углубленном изучении состояния здоровья взрослого населения выполнено химико-аналитическое и иммунологическое диагностическое обследование 78 человек, постоянно проживающих в зоне аэрогенной экспозиции алюминием. Группу контроля составили 22 человека, которые проживают на «условно чистой» территории.

Проведено химико-аналитическое исследование на содержание алюминия в биосредах методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре Agilent 7500cx (Agilent Technologies Inc., США) в соответствии с МУК

4.1.3230–14 «Измерение массовых концентраций химических элементов в биосредах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой» [2].

Определение в сыворотке крови иммуноглобулинов классов G, A, M (IgG, IgA и IgM) проводили при помощи реакции радиальной иммунодиффузии (реакция по Манчини). Метод основан на специфическом связывании антитела с антигеном.

Исследование фагоцитарной активности клеток проводили с использованием в качестве объектов фагоцитоза формалинизированных эритроцитов барана.

Изменение содержания специфического к поллютанту (алюминию) иммуноглобулина класса G (IgG) определяли в аллергосорбентном тесте с ферментной меткой. Идентифицировали специфические реагины с использованием конъюгированных с пероксидазой антител.

Фенотипирование лимфоцитов проводили на проточном цитометре FACSCalibur фирмы Becton Dickinson с использованием универсальной программы CellQuest.PrO с помощью компьютера Macintosh. Определение популяций и субпопуляций лимфоцитов ($CD25^+$, $CD95^+$, $CD127^-$) осуществляли методом мембранной иммунофлюоресценции с использованием панели меченых моноклональных антител к мембранным CD-рецепторам (Becton Dickinson, USA), при этом регистрировали суммарно не менее 10 тыс. событий.

Определение уровня экспрессии белка Bcl-2 проводили с использованием соответствующих МКАТ («BC», США) и одновременным проведением процедуры отрицательного изотипического контроля.

Для качественного осуществления статистического анализа данных обработка материала осуществлялась с использованием программы Microsoft ® Office Excel 2003 и пакета прикладных программ Statistica 6.0. (StatSoft, USA). Данные обрабатывали методом вариационной статистики с расчетом среднего арифметического, его стандартной ошибки. Достоверность различий определяли по *t*-критерию Стьюдента, оценку зависимостей между признаками с помощью корреляционно-регрессионного анализа, критерия Фишера и коэффициента детерминации (R^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 значимой при $p < 0,05$.

Результаты. Химико-аналитический анализ биосред показал, что у наблюдаемой группы взрослого населения достоверно повышено содержание алюминия в крови и моче по сравнению с референтным уровнем более чем в 2,7 и в 6,0 раза соответственно ($p < 0,05$). Относительно группы контроля также наблюдается рост концентрации алюминия в крови и моче у 54,5 и 90,3 % взрослого населения соответственно ($p < 0,05$) (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная оценка содержания алюминия в биосредах

Показатель	Референтный уровень	Группа наблюдения, $n = 78$ ($M \pm m$)	Группа сравнения, $n = 22$ ($M \pm m$)
Алюминий [кровь], мг/куб. дм	<0,005–0,192	0,036 ± 0,015*/**	0,011 ± 0,002
Алюминий [моча], мг/куб. дм	0–0,007	0,012 ± 0,003*/**	0,002 ± 0,00227

Примечание:

* – разница достоверна относительно референтного интервала ($p < 0,05$);

** – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0,05$).

Клинико-лабораторные исследования состояния здоровья взрослого населения подтверждают наличие патологических изменений со стороны иммунной системы (табл. 2). Сравнительный анализ с показателями физиологической нормы и контрольной группы позволил установить, что в группе наблюдения прослеживаются достоверные изменения врожденного клеточного иммунитета – достоверное снижение фагоцитарного числа по отношению к норме и контролю у взрослого населения (74,4 и 75,6 % соответственно) ($p < 0,05$). Также отмечается понижение показателей абсолютного фагоцитоза и процента фагоцитоза у 14,1 и 33,3 % соответственно в группе наблюдения относительно возрастной нормы ($p < 0,05$).

Таблица 2

Иммунологические показатели взрослого населения в условиях аэрогенного воздействия алюминия

Показатель	Референтный интервал	Группа наблюдения, $n = 78$ ($M \pm m$)	Группа сравнения, $n = 22$ ($M \pm m$)
Процент фагоцитоза, %	35–60	38,321 ± 1,652*	45,905 ± 6,184
Фагоцитарное число, у.е.	0,8–1,2	0,694 ± 0,04*/**	0,981 ± 0,177
Абсолютный фагоцитоз, 10^9/дм^3	0,964–2,988	1,426 ± 0,1*	1,897 ± 0,359
IgG, г/дм^3	10–18	11,619 ± 0,416*/**	16,229 ± 1,077
Bcl-2, %	1–1,5	2,813 ± 0,919*/**	1,017 ± 0,427
CD127$^-$-лимфоциты, абс., 10^9/дм^3	0,015–0,04	0,082 ± 0,026*/**	0,043 ± 0,026
CD127$^-$-лимфоциты, отн., %	0,8–1,2	4,005 ± 0,943*/**	1,704 ± 0,711
CD3$^+$CD25$^+$-лимфоциты, отн., %	13–24	9,097 ± 2,37*/**	5,143 ± 1,677
CD3$^+$CD95$^+$-лимфоциты, абс., 10^9/дм^3	0,63–0,97	0,477 ± 0,094*/**	0,285 ± 0,055
CD3$^+$CD95$^+$-лимфоциты, отн., %	39–49	24,71 ± 3,546*/**	13,143 ± 2,33

Примечание:
* – разница достоверна относительно референтного интервала ($p < 0,05$);
** – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0,05$).

При помощи методического приема оценки отношения шансов были установлены достоверные изменения иммунологических тестов при возрастании концентрации алюминия в биологических средах. Так, наблюдается снижение относительного абсолютного фагоцитоза, фагоцитарного числа и фагоцитарного индекса при увеличении концентрации алюминия в крови ($R^2 = 0,15–0,77$ при $p < 0,05$) и моче ($R^2 = 0,12–0,28$ при $p < 0,05$).

Установлены разнонаправленные изменения содержания сывороточных иммуноглобулинов классов A, M и G с преимущественным дефицитом иммуноглобулина класса G (IgG) по отношению к возрастной норме у 15,4 % взрослого населения группы наблюдения. По отношению к группе контроля отмечается достоверное понижение уровня IgG в 1,4 раза ($p < 0,05$).

Анализ отношения шансов изменения показателей гуморального иммунитета при возрастании концентрации алюминия в биологических средах позволил установить достоверное ($p < 0,05$) понижение концентрации IgG и IgM при увеличении концентрации алюминия в крови ($R^2 = 0,26–0,92$ при $p < 0,05$) и в моче ($R^2 = 0,23–0,43$ при $p < 0,05$).

Наблюдаются достоверные отклонения показателей CD-иммунограммы относительно нормы: у 64 и 87 % обследуемых выявлено достоверное повышение

показателей относительного и абсолютного (соответственно) содержания Т-регуляторных лимфоцитов ($CD127^-$), отвечающих за супрессию иммунного ответа, и повышение антиапоптотического фактора Bcl-2, одновременно с этим снижены значения активационных маркеров $CD95^+$ и $CD25^+$.

Тем не менее у группы наблюдения показан достоверный рост антиапоптотического белка Bcl-2, $CD127^-$лимфоцитов, а также активационных клеточных маркеров – рецепторы клеточной смерти $CD95^+$ и $CD25^+$ ($p < 0,05$) по отношению к группе контроля – в 2,8, 2,4, 1,9, 1,8 раза соответственно.

Использование методического приема оценки отношения шансов изменения иммунологических тестов при возрастании концентрации алюминия в биологических средах позволило установить достоверное ($p < 0,05$) повышение $CD95^+$, $CD25^+$, Bcl-2, $CD127^-$ при увеличении концентрации алюминия в моче ($R^2 = 0,15–0,49$ при $p < 0,05$).

Одновременно у 65 % взрослых выявлен повышенный по сравнению с возрастной нормой уровень специфической сенсибилизации организма к алюминию по критерию иммуноглобулина класса G (содержание специфического IgG к алюминию – 0,196 ± 0,037 усл. ед. при норме <0,1). Также в 3,1 раза достоверно повышен уровень специфической сенсибилизации к алюминию по критерию IgG по отношению к группе контроля ($p < 0,05$) (табл. 3).

Таблица 3

Особенности специфической сенсибилизации у взрослого населения в условиях аэрогенного воздействия алюминия

Показатель	Физиологическая норма	Группа наблюдения, $n = 78$ ($M \pm m$)	Группа сравнения, $n = 22$ ($M \pm m$)
$IgG_{спец.}$ к алюминию, усл. ед.	0–0,1	0,196 ± 0,037*/**	0,063 ± 0,032

Примечание:
* – разница достоверна относительно референтного интервала ($p < 0,05$);
** – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0,05$).

Анализ отношения шансов изменения показателей гуморального иммунитета при возрастании концентрации алюминия в биологических средах позволил установить достоверное ($p < 0,05$) повышение общей сенсибилизации (по критерию IgE общего) при увеличении концентрации алюминия в моче ($R^2 = 0,06–0,25$ при $p < 0,05$).

Выводы. Таким образом, у взрослого населения, проживающего в условиях аэрогенного загрязнения алюминием, были выявлены нарушения: клеточного звена иммунитета выражающиеся в снижении фагоцитарной активности клеток по критерию абсолютного фагоцитоза, фагоцитарного числа и процента фагоцитоза, дефиците защитных общих иммуноглобулинов класса G, активации супрессорных Т-клеточных рецепторов $CD127^-$, повышении содержания антиапоптотического белка Bcl-2, активационного фактора $CD25^+$ и рецептора клеточной смерти $CD95^+$, на фоне специфической сенсибилизации организма к алюминию, достоверные по отношению к референтным значениям и группе контроля ($p < 0,05$).

Список литературы

1. Долгих О.В., Кривцов А.В., Бубнова О.А. Иммуногенетические показатели у работающих в условиях сочетанного воздействия пыли и производственного шума // Российский иммунологический журнал. – 2015. – Т. 9 (18), № 2 (1). – С. 551–553.
2. Менделеев Д.И. Основы химии. – СПб.: Типография М.П. Фроловой, 1903. – 817 с.
3. МУК 4.1.3230–14. Измерение массовых концентраций химических элементов в биосредах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/495856222 (дата обращения: 04.09.2020).
4. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Землянова М.А. Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов. – Пермь: Книжный формат, 2011. – 532 с.
5. Сынзыныс Б.И., Шарецкий А.Н., Харламова О.В. Иммунотоксичность хлористого алюминия // Гигиена и санитария. – 2004. – № 4. – С. 70–72.
6. Savory J., Herman M., Ghribi O. Intracellular mechanisms underlying aluminum-induced apoptosis in rabbit brain // J. Inorg. Biochem. – 2003. – № 97. – P. 151–154.
7. Yokel R. The toxicology of aluminum in the brain: a review // Neurotoxicology. – 2000. – Vol. 21 (5). – P. 813–828.

Оценка влияния показателей несбалансированного питания на изменение показателей иммунной системы

Д.Р. Хисматуллин, В.М. Чигвинцев, Д.А. Кирьянов

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

Рассматривается влияние показателей несбалансированного питания на изменение показателей иммунной системы. В качестве показателей иммунитета выбраны: Т-лимфоциты-хелперы, Т-лимфоциты-супрессоры, Т-лимфоциты с рецепторами к интерлейкину-2. Данные о потребление микро-, макроэлементов среди исследованных были получены путем анкетирования респондентов. Наравне с анкетированием проводился медицинский осмотр с отбором лабораторных проб. Биологически значимые вещества, оказывающие влияние на состояние иммунной системы, были объединены в индекс, изменение которого непосредственным образом влияет на состояние иммунной системы. Полученные индексы учитывают вклад всех входящих в него элементов.

Ключевые слова: питание, иммунная система, лимфоциты, индекс.

Важность и актуальность нормального функционирования иммунной системы, особенно в сложившейся общемировой ситуации, невозможно переоценить. Поддержание способности человека противостоять инфекционным заболеваниям –

важная задача для государства в целом и индивида в частности. По мнению экспертов ВОЗ, наступившее столетие может стать веком оппортунистических инфекций, сопровождающихся вторичными иммунодефицитными (ВИД) состояниями, различными по степени тяжести, продолжительности и характеру вовлечения звеньев иммунной системы. В отличие от первичных иммунодефицитов, роль наследственных факторов в развитии ВИД не играет ведущей роли, а проявляется при наличии дополнительных воздействий, таких как прессинг социальных, физико-химических, биологических и других факторов внешней среды [3]. Но приоритетной причиной возникновения иммунной недостаточности называется несбалансированность питания и, как следствие, недостаточное или избыточное поступление в организм человека биологически значимых веществ [8].

Оптимальный иммунный ответ зависит от адекватной диеты и питания. Например, достаточное потребление белка имеет решающее значение для оптимального производства антител. Низкий уровень содержания питательных микроэлементов, таких как витамин А или цинк, был связан с повышенным риском инфицирования. Высокой противовоспалительной и антиоксидантной активностью обладают продукты с высокой долей содержания витамина С и витамина Е и фитохимические вещества, такие как каротиноиды и полифенолы. Витамин D может нарушить вирусную клеточную инфекцию, взаимодействуя с рецепторами входа в клетки (ангиотензинпревращающим ферментом 2). Пищевые волокна, ферментированные микробиотой кишечника в короткоцепочные жирные кислоты, также обладают противовоспалительным действием.

Актуальность исследования развития иммунодефицитных состояний, ассоциированных с питанием, для Российской Федерации, состоит еще и в том, что результаты исследований потребления продуктов питания гражданами нашей страны говорят о ряде серьезных нарушений. Литературные данные демонстрируют [2] дефицит поступления в организм полиненасыщенных жирных кислот на фоне избыточного поступления животных жиров, дефицит полноценных (животных) белков (особенно в группах населения с низкими доходами), большинства витаминов (аскорбиновой кислоты, тиамина, рибофлавина, фолиевой кислоты), недостаточность целого ряда макро-, микроэлементов (кальций, железо, йод, фтор, селен, цинк). Назрела необходимость подробной оценки влияния структуры питания на иммунную функцию организма.

Цель исследования – проанализировать влияние несбалансированного потребления пищевых продуктов на показатели иммунной системы взрослого населения Пермского края.

Материалы и методы. С целью определения особенностей питания среди жителей Пермского края было проведено анкетирование. Анкета включала в себя информацию об основных продуктах питания, типе приготовления и суточном количестве потребляемого продукта. Параллельно с анкетированием среди участников опроса был проведен медицинский осмотр, частью которого стал отбор биологических жидкостей для лабораторных анализов. Всего в опросе участвовало 374 респондента.

Для каждого опрошенного было рассчитано суточное поступление микро- и макроэлементов в организм с пищей. Количество макро-, микроэлементов было обнаружено с помощью разложения анкетных продуктов питания на составляющие их пищевые компоненты. Данные о содержании макро-, микроэлементов были по-

лучены из справочной литературы [4]. Расчет суточного поступления элемента с пищей производится по формуле (1):

$$X = (((N / 100) \cdot p \cdot q) / 7) \cdot f, \quad (1)$$

где X – среднесуточное потребление биологически значимых элементов; N – количественное потребление продукта в сутки; p – количество дней в неделю употребления продукта; q – содержание биологически значимого элемента в 100 г; f – влияние типа приготовления.

На этапе предварительной экспертизы был проведен корреляционный анализ всех пар связей показателей иммунитета от характеристики питания. На основе осуществленной экспертизы были построены логистические регрессионные модели.

Каждая модель характеризовалась уровнем значимости (p), отражающим адекватность модели, и величиной коэффициента детерминации (R^2), отражающим долю дисперсии зависимой переменной, объясненной моделью. По существу оба критерия отражают качество построенных моделей и свидетельствуют о статистической тесноте исследуемых зависимостей.

В качестве показателей иммунитета были выбраны: Т-лимфоциты-хелперы (CD3+CD4+-лимфоциты), Т-лимфоциты-супрессоры (CD3+CD8+-лимфоциты), Т-лимфоциты с рецепторами к интерлейкину-2 (CD3+CD25+-лимфоциты).

На втором шаге моделирования выполнялась экспертиза парных зависимостей на биологическое правдоподобие, которая заключалась в поиске и последующем анализе результатов исследований, опубликованных в научных изданиях, подтверждающих обнаруженные связи.

На основе парных моделей были сформированы индексы питания, позволившие определить комплексное влияние биологически значимых элементов на показатели иммунитета. Кроме того, полученные индексы учитывают разницу как в направленности вклада (положительный вклад или отрицательный), так и мощность влияния пищевого элемента на состояние иммунной системы. Общий вид индексов записан в следующем виде:

$$M = \sum_{i}^{n} \left(\frac{X_i^p}{X_i^{np}} \right) \cdot c_i + \sum_{j}^{n} \left(\left(1 - \frac{X_j^k}{X_j^{nk}} \right) \cdot c_j \right), \quad (2)$$

где M – индекс, характеризующий структуру питания, влияющую на иммунную систему; np; nk – верхние границы показателей вычисленные на основе 95-го перцентиля; x^p; x^k – значение потребления продукта опрошенным; c – вклад фактора в индекс.

Полученные индексы были использованы для построения моделей зависимости показателей иммунитета от комплексного воздействия факторов питания. Индексы принимают значение от 0 до 1, отражающее силу негативного влияния нарушение структуры питания на иммунитет (где значение единицы показывает оптимальную структуру потребления).

Результаты. Всего в результате математического моделирования было построено 127 моделей, из которых в дальнейший анализ было отобрано 19. Модели распределились следующим образом: для показателя CD3+CD4+-лимфоциты –

семь моделей; CD3+CD8+-лимфоциты – шесть моделей; CD3+CD25+-лимфоциты – шесть моделей.

Важную роль в формировании Т-лимфоцитов-хелперов играют белки. Протеины играют ключевую роль в функциональной активности иммунной системы, так как все регуляторные цитокины, рецепторы и ферменты представляют собой белковые молекулы. Значительное воздействие на иммунный статус оказывает снижение белка в рационе ниже определенной критической границы, различной для каждого вида животных, а также людей. Белковая недостаточность наблюдается в клинике при терминальных онкологических состояниях, вторичном иммунодефиците и т.д. Ингибируется синтез цитокинов Т-хелперами, что обусловливает супрессию общего и локального иммунного ответа на бактериальные антигены [1].

Активность Т-лимфоцитов-супрессоров напрямую зависит в том числе от аскорбиновой кислоты (АК). АК, также известная как витамин С, важный сопутствующий субстрат большого класса ферментов. АК важна при всех стрессовых состояниях, которые связаны с воспалительными процессами и иммунитетом. Витамин С в лимфоцитах отвечает за усиление дифференцировку и пролиферацию В- и Т-клеток, вероятно, из-за его эффектов регуляции генов [5, 7].

Селен является важным микроэлементом, входящим в состав селенопротеинов, обладающих широким спектром плейотропных эффектов, в том числе антиоксидантным и противовоспалительным эффектом [6, 9].

Параметры полученных моделей представлены в таблице.

Параметры полученных индексов

Индекс M_1						
Компонент пищи	Отношение компонента пищи к норме	b_0	b_1	F	p	R^2
B_1	Выше	–3,04	0,25	18,6	0,00016	0,09
	Ниже	–0,31	–2	481,1	0	0,76
B_2	Выше	–3,27	0,44	37,3	0	0,22
	Ниже	–2,25	–0,09	0,5	0,48	0,0042
Mg	Выше	–3,5	0,001	162,4	0	0,47
	Ниже	–1,84	–0,0008	0,51	0,48	0,005
Белки	Выше	–2,33	0,001	6,8	0,01	0,069
	Ниже	–0,057	–0,026	122,8	0	0,52
Жиры	Выше	–3,07	0,0056	207,4	0	0,63
	Ниже	–1,5	–0,01	577,5	0	0,78
Холестерин	Выше	–3,17	0,0015	96,8	0	0,39
	Ниже	–0,95	–0,0059	79,4	0	0,4
Cr	Выше	–3,2	0,0072	42,4	0	0,18
Индекс M_2						
B_1	Выше	–2,5	0,35	28,8	0	0,084
Ca	Выше	–2,6	0,00064	96,2	0	0,23
Углеводы	Выше	–3,3	0,0032	279,5	0	0,47
Ккал	Выше	–2,8	0,00027	204,7	0	0,39
Аскорбиновая кислота	Выше	–3,2	0,01	283,3	0	0,48
Холестерин	Выше	–2,1	0,00065	5,25	0,02	0,02

Окончание таблицы

Индекс M_3						
Холестерин	Выше	–2,1	0,00048	4,5	0,035	0,017
	Ниже	–0,79	0,00094	32,8	0	0,09
Жиры	Выше	–2,5	0,0046	58,1	0	0,16
	Ниже	–0,85	0,0032	75,8	0	0,19
Ккал	Выше	–3,08	0,0003	166,6	0	0,39
	Ниже	–0,7	0,00	5,09	0,026	0,015
Cr	Выше	–2,9	0,0093	34,9	0	0,13
	Ниже	–0,039	–0,0062	37,8	0	0,1
Se	Выше	–3,03	0,005	219,6	0	0,49
	Ниже	–0,12	–0,0016	9,2	0,0029	0,029
Mn	Выше	–2,7	0,00028	54,9	0	0,15
	Ниже	–0,41	–0,0001	5,4	0,026	0,015

Полученные логистические модели позволили сформировать индексы пищевых компонентов, которые в совокупности оказывают влияние на организм человека.

Всего сформировано три индекса, характеризующие влияние структуры питания на активность отдельных групп Т-лимфоцитов. Для каждого индекса были построены логистические регрессии, показывающие зависимость состояния иммунитета от питания.

Индекс M_1 – показывает влияние на активность Т-лимфоцитов-хелперов суммы нормированных значений потребления белков, жиров, холестерина, магния, хрома, рибофлавина и тиамина. График полученный модели представлен на рис. 1.

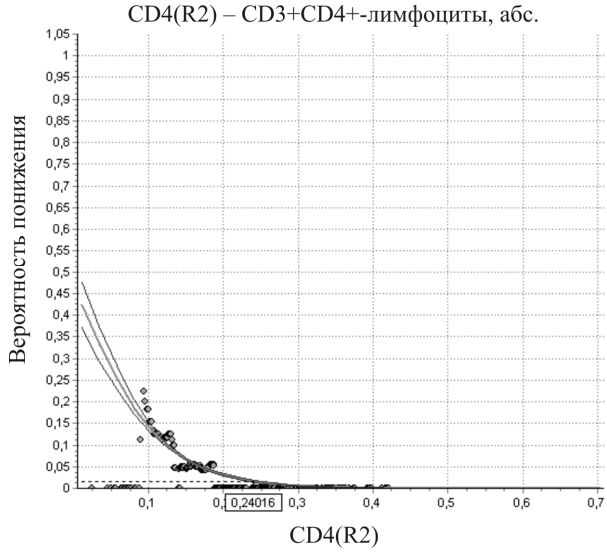


Рис. 1. Зависимость Т-лимфоцитов-хелперов от изменения индекса M_1

Сумма потребления тиамина, кальция, углеводов, аскорбиновой кислоты, холестерина формирует индекс M_2, влияющий на активность Т-лимфоцитов-супрессоров. Визуализация модели с полученным индексом представлена на рис. 2.

В случае построения индекса M_3, влияния структуры питания на активность Т-лимфоцитов с рецепторами к интерлейкину-2, учитывается позитивное влияние хрома, селена и марганца и негативное влияние холестерина, жиров, калорий. Модель зависимости представлена на рис. 3.

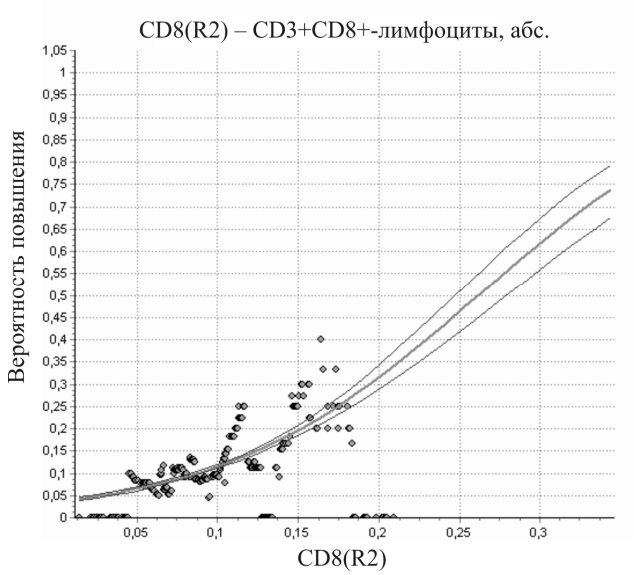


Рис. 2. Зависимость Т-лимфоцитов-супрессоров от изменения индекса M_2

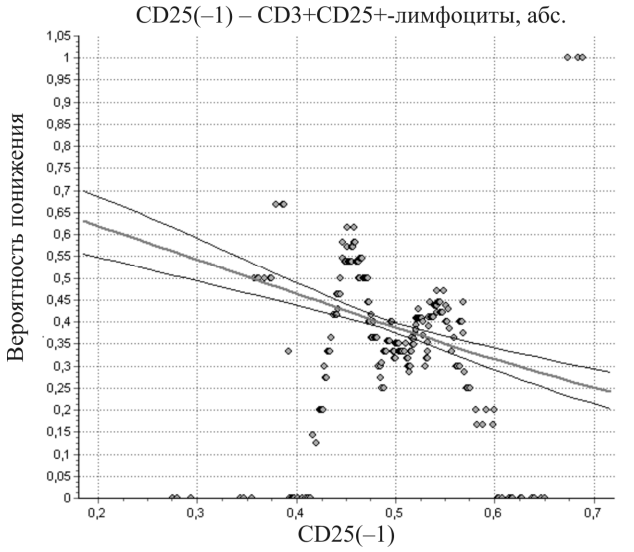


Рис. 3. Зависимость Т-лимфоцитов с рецепторами к интерлейкину-2 от изменения индекса M_3

Полученные индексы учитывают не только позитивный, но и негативный вклад веществ в состояние иммунитета. Также благодаря коэффициенту детерминации при создании индекса учитывался непосредственный вклад продукта в изменение иммунитета.

Выводы. Полученные индексы позволят оценить достаточность / нормальность поступления питательных веществ с точки зрения потребностей иммунной системы. Созданные на основании этих индексов зависимости «экспозиция – ответ» позволят оценить текущее состояние нарушения функциональности иммунной системы связанное с нарушением структуры питания, и позволяет формировать рекомендации по корректировке данной ситуации.

Нормализация состояния иммунной системы приводит к уменьшению инфекционной заболеваемости и снижению вероятных хронических негативных эффектов снижающих качество жизни человека.

Список литературы

1. Буриков А.В. Реакция показателей иммунитета на изменение характера питания // Интерактивная наука. – 2018. – № 10 (32). – С. 11–13.

2. Вологажин Д.А., Калинина Н.М., Князев П.С. Иммунитет и питание // Российский биомедицинкий журнал. – 2005. – № 6. – С. 626–646.

3. Современные особенности питания и иммунная система / И.М. Петров, Т.А. Гагина, И.А. Трошина, И.В. Медведева // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2006. – № 6. – С. 10–14.

4. Тутельян В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: справочник. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 284 с.

5. Ascorbic acid: its role in immune system and chronic inflammation diseases / A. Sorice, E. Guerriero, F. Capone, G. Colonna, G. Castello, S. Costantini // Mini Rev Med Chem. – 2014. – Vol. 14 (5). – P. 444–452. DOI: 10.2174/1389557514666140428112602

6. Avery J.C., Hoffmann P.R. Selenium, Selenoproteins, and Immunity // Nutrients. – 2018. – Vol. 10 (9). – P. 1203. DOI: 10.3390/nu10091203

7. Carr A.C., Maggini S. Vitamin C and Immune Function // Nutrients. – 2017. – Vol. 9 (11). – P. 1211. DOI: 10.3390/nu9111211

8. Childs C.E., Calder P.C., Miles E.A. Diet and Immune Function // Nutrients. – 2019. – Vol. 11 (8). – P. 1933. DOI: 10.3390/nu11081933

9. Rayman M.P. Selenium and human health // Lancet. – 2012. – Vol. 379 (9822). – P. 1256–1268. DOI: 10.1016/S0140-6736 (11) 61452-9

К вопросу токсичности редкоземельных элементов

М.В. Волкова
Научный руководитель – д-р биол. наук Т.С. Уланова

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

Редкоземельные элементы имеют широкую сферу применения, что определяет все нарастающие темпы производства и потребления данных элементов. Все возрастающая потребность редкоземельных элементов может привести к загрязнению ими окружающей среды, а также попаданию в живые организмы и причинению вреда здоровью человека. Вместе с тем токсичность редкоземельных элементов мало изучена. В статье приведен обзор научной литературы, посвященной токсичности редкоземельных элементов элементов.

Ключевые слова: редкоземельные элементы, лантаноиды, скандий, иттрий, токсичность.

Редкоземельные элементы включают в себя семнадцать элементов: лантан (La) и следующие за ним 14 лантаноидов (церий (Ce), празеодим (Pr), неодим (Nd), прометий (Pm), самарий (Sm), европий (Eu), гадолиний (Gd), тербий (Tb), диспрозий (Dy), гольмий (Ho), эрбий (Er), тулий (Tm), иттербий (Yb), лютеций (Lu)) и два дополнительных элемента, скандий (Sc) и иттрий (Y), включенных в состав РЗЭ из-за сходных химических и токсикологических свойств, а также из-за содержания в тех же рудных месторождениях, что и другие редкоземельные элементы. Вопреки названию, данные элементы встречаются в природе в составе многих минералов.

Данные элементы обладают рядом особых свойств, таких как сверхпроводимость, ферромагнетизм, высокими температурами плавления и кипения и другими, что определяет их широкую сферу применения в различных отраслях. РЗЭ используются в большом числе промышленных отраслей от сельского хозяйства до оборонной и военной промышленности. Данные элементы применяются в качестве удобрения, в автомобильных каталитических нейтрализаторах, катализаторах крекинга и других химических процессов, при получении металлургических сплавов в качестве легирующих добавок, в производстве волоконной оптики, лазеров и т.д. Особое место РЗЭ занимают при производстве высокотехнологичных устройств, а также при использовании в зеленых технологиях (ветряные турбины, энергосберегающие лампочки, гибридные автомобили).

С каждым годом нарастают темпы производства и потребления редкоземельных элементов. Лидером по добыче и получению чистых редкоземельных элементов, а также страной с самыми большими запасами руд данных элементов является Китай. На территории РФ находятся 22 % от всех запасов руд редкоземельных металлов, это второе место в мире после Китая. В основном производятся оксиды и некоторые другие соединения данных элементов, а не металлы в чистом виде. Значительная часть очищенных металлов, используемых в промышленности, является импортной продукцией [2]. В программу развития РФ входит разработка месторождений редкоземельных элементов и наращивание темпов их производства [3].

С возрастающими объемами потребления редкоземельных элементов растет и прямое воздействие на работников, связанных с добычей, обогащением и перера-

боткой руд и минералов, получением соединений редкоземельных элементов, а также на работников производств, где в технологическом процессе задействованы данные элементы. Кроме того в процессе производства возможно попадание РЗЭ в окружающую среду, что может привести к воздействию на живые организмы. Имеются данные о растущем загрязнении морской среды, поверхностных вод и почв, что в свою очередь может приводить к биоаккумуляции редкоземельных элементов и служить вторичным механизмом их попадания в организм человека [13].

Воздействие РЗЭ на организм человека изучено слабо. Также отсутствует информация об их роли и потребности в живых организмах [17]. Значительная часть всех исследований, посвященных редкоземельным элементам, в том числе вопросу их токсичности, проводится в Китае.

РЗЭ подразделяются на «легкие» элементы (Ce, Eu, Gd, La, Nd, Pr и Sm) и «тяжелые» элементы (Dy, Er, Ho, Lu, Tb, Tm, Y и Yb) на основании атомного веса. При поступлении в организм из желудочно-кишечного тракта всасывается более 0,1 % солей редкоземельных элементов. При вдыхании основная часть (около 60 %) задерживается в носоглотке и около 10–18 % проникают в легкие. Легкие редкоземельные элементы большей частью откладываются в печени, тогда как тяжелые РЗЭ имеют тенденцию замещать кальций и откладываются в костях. Легкие РЗЭ выводятся главным образом с калом, тогда как тяжелые РЗЭ, как правило, выводятся с мочой. Средние члены ряда выводятся через кишечник и почки. Выделение может длиться годами. Также имеется информация о снижении токсичности данных элементов с увеличением атомной массы [11].

Ряд авторов отмечает, что ключевой токсикологической характеристикой РЗЭ является их способность вытеснять кальций из участков его связывания в живых системах (например ферментов), что приводит к ингибированию ферментов или другой биохимической дисфункции [15, 17]. Кроме того, исследователи предполагают, что редкоземельные элементы могут вызывать окисление липидов, обладать гепатотоксичностью, а также имеют склонность к биоаккумуляции [4].

Группа китайских ученых исследовала содержание редкоземельных элементов в волосах детского населения, проживающего вблизи района добычи РЗЭ [12]. Найденное распределение содержания различных элементов относительно друг друга оказалось схоже с распределениями содержания в руде и воздухе вблизи района добычи. Авторы полагают, что детей, проживающих в этой горнодобывающей зоне, следует рассматривать как группу высокого риска, а состояние их здоровья следует исследовать с точки зрения оценки риска РЗЭ для здоровья.

В работах, посвященных изучению содержания редкоземельных элементов в почве вблизи мест добычи руд РЗЭ, отмечается, что в почвах, а также овощах и в биосредах населения, проживающего в непосредственной близости к районам добычи, наблюдается многократное превышения содержания РЗЭ по сравнению с контрольными территориями [4, 10]. При приведенных в исследовании концентрациях и объемах потребления риск для здоровья минимален, однако при ухудшении экологической обстановки и интенсификации поступления в почву редкоземельных элементов возможен переход минимального риска к достаточно значительному.

В работе X. Li et al. [14] приводятся данные исследования воздуха, воды, почвы, пищи и биосред (кровь, волосы) жителей провинции Фуцзянь (Китай) вблизи крупного месторождения РЗЭ. В биосредах получены высокие концентрации церия, лантана, гадолиния и неодима, которые значительно превышают концентрации, по-

лученные для жителей других провинций Китая. По данным [14], лантан, церий и неодим в крови составляют 70 % от общего содержания РЗЭ, что подтверждает их высокую накопительную способность из-за высокой концентрации в воздухе и почве.

Имеются сведения, что отмечались жалобы работников литографской промышленности, содержащей в пыли воздуха рабочей зона лантан, на тошноту и головную боль. У работников горнорудной промышленности, связанной с РЗЭ, отмечали большое число поражений верхних дыхательных путей (хронических ринитов, фарингитов). Также обнаружены изменения в легких, напоминающие картину мелкоузелкового пневмокониоза [1].

В работе Y. Bai et al. [5] приводятся данные исследования биосред работников металлургического предприятия. Авторами найдена закономерность между одновременным воздействием редкоземельных элементов и хрома на организм работников и возможным риском нарушения структуры ДНК.

Металлическая пыль европия, диспрозия, эрбия, иттербия и лютеция и некоторых их соединений представляет опасность пожара и взрыва. У работников, подвергающиеся воздействию соединений иттрия, наблюдали одышку, кашель и боли в груди. Также в работе отмечены случаи пневмокониоза. Работники, подвергшиеся воздействию церия, испытывали зуд, чувствительность к теплу, также были выявлены кожные повреждения [17].

В работе Henríquez-Hernández et al. [6] отмечено, что у 63 мигрантов из Южной Африки, проживающих в зоне складирования электронных отходов, но не связанных с производством РЗЭ, содержание неодима, самария, европия и тантала в крови превышены в десятки раз по сравнению с данными, используемыми как референтные уровни данных металлов. У всех мигрантов выявлена анемия, соответственно авторы выдвигают гипотезу, что присутствие в крови повышенного содержания РЗЭ может быть связано с развитием данного заболевания. В работе [9] авторы связали повышенные концентрации редкоземельных элементов в сыворотке крови матери во время беременности и риск развития дефектов нервной трубки у плода.

Совместные исследования португальских и испанских ученых [8] доказали наличие ряда редкоземельных элементов в частицах пыли размером менее 10 мкм (PM_{10}), собранных вдоль дорог. Данные частицы относятся к респирабельным, могут проникать в легкие человека, а также долго витать в воздухе и переноситься на большие расстояния. Соответственно данные частицы могут быть потенциальным источником поступления РЗЭ в организм человека.

В работе M. Badea et al. [7] выделен еще один потенциальный источник воздействия на организм человека не только общеизвестных токсичных металлов, но и редкоземельных – электронные сигареты. Авторы сравнивали содержание редкоземельных элементов в биосредах курильщиков обычных сигарет, электронных и некурильщиков. Наибольшие концентрации РЗЭ в биосредах обнаружены у пользователей электронных сигарет. Итальянские ученые также проводили исследования, связывающие курение и редкоземельные элементы [16]. Они отметили, что и обычное курение является источником повышенного содержания токсичных элементов, в том числе редкоземельных, в воздухе.

Учитывая все вышесказанное и возрастающий интерес к редкоземельным элементам, исследования содержания РЗЭ в различных средах и их влияние на здоровье человека являются актуальной задачей, требующей разработки соответствующего методического обеспечения.

Список литературы

1. Вредные вещества в промышленность: справочник для химиков, инженеров и врачей / под ред. Н.В. Лазарева и И.Д. Гадаскиной. – 7-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1977. – 608 с.

2. Кременецкий А.А., Архипова Н.А., Усова Т.Ю. Редкие металлы для высоких технологий: проблемы и пути решения // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 5. – С. 37–42.

3. Об утверждении Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2018 г. № 2914-р [Электронный ресурс] // Кодекс: электрооный фонд правоввой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/552051127 (дата обращения: 16.08.2020).

4. A human health risk assessment of rare earth elements in soil and vegetables from a mining area in Fujian Province, Southeast China / X. Li [et al.] // Chemosphere. – 2013. – № 93. – P. 1240–1246.

5. Association of blood chromium and rare earth elements with the risk of DNA damage in chromate exposed population / Y. Bai [et al.] // Environmental Toxicology and Pharmacology. – 2019. – № 72. – P. 7.

6. Blood levels of toxic metals and rare earth elements commonly found in e-waste may exert subtle effects on hemoglobin concentration in sub-Saharan immigrants / L.A. Henríquez-Hernández [et al.] // Journal of Environment International. – 2017. – № 109. – P. 20–28.

7. Body burden of toxic metals and rare earth elements in non-smokers, cigarette smokers and electronic cigarette users / M. Badea [et al.] // Environmental Research. – 2018. – № 166. – P. 269–275.

8. Chemical profiling of PM10 from urban road dust / C.A. Alves [et al.] // Science of The Total Environment. – 2018. – № 634. – P. 41–51.

9. Concentrations of rare earth elements in maternal serum during pregnancy and risk for fetal neural tube defects / J. Wei [et al.] // Environment International. – 2020. – P. 137–138.

10. Concentrations and health risk assessment of rare earth elements in vegetables from mining area in Shandong, China / M. Zhuang [et al.] // Chemosphere. – 2017. – № 168. – P. 578–582.

11. Damian P. A literature review of the health and ecological effects of the rare earth elements. – Sacramento, 2014. – 51 p.

12. Distribution characteristics of rare earth elements in children's scalp hair from a rare earths mining area in Southern China / S.-L. Tong [et al.] // Journal of Environmental Science and Health. – 2004. – № 39 (9). – P. 2517–2532.

13. Health effects and toxicity mechanisms of rare earth elements–knowledge gaps and research prospects / G. Pagano [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2015. – № 115. – P. 40–48.

14. Li X., Chen Z. Distribution and fractionation of rare earth elements in soil–water system and human blood and hair from a mining area in southwest Fujian Province, China // Environmental Earth Sciences. – 2014. – № 72 (9). – P. 3599–3608.

15. Pałasz A., Czekaj P. Toxicological and cytophysiological aspects of lanthanides action // Acta Biochimica Polonica. – 2000. – № 47. – P. 1107–1114.

16. Relationship between domestic smoking and metals and rare earth elements concentration in indoor $PM_{2.5}$ / G. Drago [et al.] // Environmental Research. – 2018. – № 165. – P. 71–80.

17. Rim K.T., Koo K.H., Park J.S. Toxicological evaluations of rare earths and their health impacts to workers: A Literature Review // Safety and Health at Work. – 2013. – № 4. – P. 12–26.

Раздел V

Современные аспекты медицины труда. Оценка профессиональных рисков здоровью работников

Ретроспективный анализ рисков развития вибрационной болезни по данным оценки качества производственной среды на предприятиях Тульской области

В.Л. Рачеев, О.И. Денисова

ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Тульской области»,
г. Тула, Россия

Проведен ретроспективный анализ установленных случаев вибрационной болезни на предприятиях Тульской области с учетом оценки качества производственной среды. Дана оценка рисков развития данного профессионального заболевания с учетом качества производственной среды.

Ключевые слова: вибрационная болезнь, риски.

В Тульской области по данным многолетних наблюдений на долю профессиональных заболеваний, связанных с воздействием вибрации, в разные периоды приходится от 22 до 45 % от всех зарегистрированных за год случаев. Социально-гигиеническое значение вибрационной болезни (ВБ) определяется ее относительно большим удельным весом в структуре инвалидности вследствие профессиональных заболеваний и молодым возрастом инвалидов (около 88 % не старше 50 лет).

По данным литературных источников жизнедеятельность больных с ВБ преимущественно ограничивают болевой синдром, нарушения чувствительности, снижение мышечной силы вследствие полиневропатии, ангиодистонические и ангиотрофические расстройства с ангиоспазмом, а также нарушение функции верхних конечностей, обусловленное дистрофическим процессом (миофиброз, артроз, периартроз). В связи с этим снижается способность к выполнению тонких манипулятивных движений, физическому напряжению с участием верхних конечностей. Способность к труду в различных профессиях ограничивается, в том числе и из-за снижения выносливости к низкой и высокой температуре, большой влажности ввиду опасности развития ангиоспазма.

Так как в основе патогенеза ВБ лежат сложные регуляторные нарушения вследствие одновременно или последовательно формирующейся дисрегуляции нейрогуморальных, нейрогормональных и рефлекторных механизмов, для нее характерны следующие клинические проявления:

1) начальные проявления (1-я степень):

– периферический ангиодистонический синдром верхних конечностей, в том числе с редкими ангиоспазмами пальцев;

– синдром сенсорной (вегетативно-сенсорной) полиневропатии верхних конечностей;

2) умеренно выраженные проявления (2-я степень):

– периферический ангиодистонический синдром верхних конечностей с частыми ангиоспазмами пальцев;

– синдром вегетативно-сенсорной полиневропатии верхних конечностей:

а) с частыми ангиоспазмами пальцев;

б) со стойкими вегетативно-трофическими нарушениями кистей;

в) с дистрофическими нарушениями опорно-двигательного аппарата рук и плечевого пояса (миофиброз, периартроз, артроз);

г) с шейно-плечевой плексопатией;

д) с церебральным ангиодистоническим синдромом;

3) выраженные проявления (3-я степень):

– синдром сенсомоторной полиневропатии верхних конечностей;

– синдром энцефалополиневропатии;

– синдром полиневропатии с генерализованными акроангиоспазмами.

По данным эпидемиологического анамнеза ВБ развивается медленно. Темп прогрессирования в значительной степени определяется параметрами вибрации и временем воздействия. Латентный (бессимптомный) период может продолжаться несколько лет (в зависимости от индивидуальных особенностей организма больного, характера вибрации и ее сочетания с другими производственными факторами) [2]. Для ретроспективного анализа риска данной патологии с учетом рекомендаций Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» [3] был взят период с 2013 по 2019 г., в котором учтены все случаи установленных диагнозов профессионального заболевания «Вибрационная болезнь», причиной которых стало превышение гигиенических нормативов локальной вибрации на рабочих местах. В Тульской области данная профессиональная патология [1] регистрируется на двух предприятиях, относящихся к сферам экономической деятельности: 29.11.9 «Предоставление услуг по монтажу, ремонту и техническому обслуживанию двигателей и турбин, кроме авиационных, автомобильных и мотоциклетных» и 29.13 «Производство трубопроводной арматуры». Вибрационная болезнь регистрируется у рабочих двух профессий – обрубщик и полировщик лопаток, основная производственная деятельность которых (до 80 % смены) связана с использованием ручного инструмента и технологического оборудования, генерирующего локальную вибрацию, передающуюся на мышцы кистей рук и верхнего плечевого пояса.

Общее число случаев ВБ от воздействия локальной вибрации за анализируемый период составило – 40. Распределение по возрастным категориям всех случаев ВБ представлено в табл. 1. Распределение всех случаев ВБ по стажу контакта с локальной вибрацией представлено в табл. 2.

Все случаи данной профессиональной патологии были распределены на пять групп по величине превышения установленного гигиенического норматива и классу условий труда согласно Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» [4]. Каждая группа была охарактеризована по численности, стажу работы в условиях воздействия локальной вибрации, тяжести профессионального заболевания и удельным показателям доли в процентном соотношении к общему количеству случаев ВБ. Данные распределения общего числа случаев заболеваний ВБ по группам с их характеристикой представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 1

Возрастные категории всех случаев вибрационной болезни

Показатель	Возраст, лет		
	до 40 (включ.)	41–50	свыше 50
Число случаев, абс.	10	25	5
Удельный вес, %	*25*	*62,5*	*12,5*

Таблица 2

Случаи вибрационной болезни по стажу контакта с локальной вибрацией

Показатель	Стаж контакта с локальной вибрацией, лет		
	до 10 (включ.)	11–15	свыше 15
Число случаев, абс.	7	20	13
Удельный вес, %	*17,5*	*50*	*32,5*

Таблица 3

Распределения общего числа случаев заболеваний ВБ по группам с их характеристикой

Характеристика	Группа 1 (условия работы с превышением ГН по локальной вибрации до 3 Дб), класс 3.1		Группа 2 (условия работы с превышением ГН по локальной вибрации до 6 Дб), класс 3.2		Группа 3 (условия работы с превышением ГН по локальной вибрации до 9 Дб), класс 3.3		Группа 4 (условия работы с превышением ГН по локальной вибрации до 12 Дб), класс 3.4	Группа 5 (условия работы с превышением ГН по локальной вибрации выше 12 Дб), класс 4	
Стаж работы в контакте с вредным фактором, лет	до 10 лет	от 11 до 23 лет	до 10 лет	от 11 до 22 лет	от 11 до 12 лет	от 20 до 23 лет	от 19 до 20 лет	от 10 до 11 лет	16 лет
Кол-во больных с профзаболеванием, абс.	1	4	6	18	2	2	2	4	1
Удельный вес численности группы в общем количестве профбольных, %	2,5	10	15	45	5	5	5	10	2,5
	12,5		60		10			12,5	
Число с утратой трудоспособности (3-я группа инвалидн.), абс.	–	1	6	11	1	–	2	1	1
Число без утраты трудоспособности, абс.	1	3	–	7	1	2	–	3	–

Ретроспективный анализ развития вибрационной болезни по данным оценки качества производственной среды показал:

а) в 15 % случаев вибрационная болезнь развивается при стаже работы до 10 лет при значениях локальной вибрации (ЛВ), превышающих гигиенический норматив до 6 дБ, также возможны и единичные случаи при значениях локальной вибрации, превышающих гигиенический норматив до 3 дБ, в этом случае вероятность составит до 2,5 %;

Таблица 4

Распределения общего числа случаев заболеваний ВБ по группам с их характеристикой

Характеристика	Группа 1 (условия работы с превышением ГН по локальной вибрации до 3 Дб) Класс 3.1.	Группа 2 (условия работы с превышением ГН по локальной вибрации до 6 Дб) Класс 3.2	Группа 3 (условия работы с превышением ГН по локальной вибрации до 9 Дб) Класс 3.3	Группа 4 (условия работы с превышением ГН по локальной вибрации до 12 Дб) Класс 3.4	Группа 5 (условия работы с превышением ГН по локальной вибрации выше 12 Дб) Класс 4
Число с утратой трудоспособности (3-я группа инвалидн.), %	20	81	25	100	40
Без утраты трудоспособности, %	80	29	75	–	60

б) в группах со стажем работы в контакте с ЛВ от 11 до 23 лет риск развития ВБ в случаях превышения гигиенических нормативов до 6 дБ составит 45 %, а при превышении гигиенических нормативов до 3 дБ – 10 %;

в) число случаев в группе 1 с превышением ЛВ до 3 дБ составило 12,5 % от всего количества, а число случаев в группе 2 с превышением ЛВ до 6 дБ составило 60 %. Тяжесть профзаболеваний в группе 1 характеризуется потерей трудоспособности в 40 % случаев. Тяжесть профзаболеваний в группе 2 характеризуется потерей трудоспособности в 81 % случаев;

г) число случаев в группе 3 с превышением ЛВ до 9 дБ составило 10 % от общего количества выявленных профзаболеваний, при этом половина из них с малым стажем контакта с ЛВ, составившим 11–12 лет. Половина случаев в данной группе со стажем от 20 до 23 лет, что, скорее всего, характеризует группу работников с хорошей индивидуальной устойчивостью периферической нервной и сосудистой систем организма. Тяжесть профзаболеваний в данной группе характеризуется потерей трудоспособности в 25 % случаев;

д) в группе 4 при значениях ЛВ, превышающих гигиенический норматив до 12 дБ, число случаев ВБ составило 5 % от общего количества выявленных профзаболеваний. Стаж контакта с вредным фактором у данных профбольных составил 19–20 лет. Данные единичные случаи также можно объяснить хорошей индивидуальной устойчивостью периферической нервной и сосудистой систем организма работников. Тяжесть профзаболеваний в данной группе характеризуется 100%-ной потерей трудоспособности и получением инвалидности 3-й группы;

е) в группе 5 при значениях ЛВ, превышающих гигиенический норматив свыше 12 дБ, число случаев ВБ составило 12,5 % от общего количества выявленных профзаболеваний. При этом у 80 % профбольных стаж контакта с вредным фактором составил всего от 10 до 11 лет, и только в единичном случае стаж работы профбольного в контакте с ЛВ составил 16 лет с потерей трудоспособности и получением инвалидности 3-й группы. Тяжесть профзаболеваний в данной группе характеризуется потерей трудоспособности в 40 % случаев.

Причины возникновения случаев профессионального заболевания «вибрационная болезнь» на предприятиях Тульской области связаны с несовершенством технологических процессов, в которых используется значительная доля ручного труда с применением ручного электрического и пневматического инструмента.

Выводы:

1. Риск развития ВБ для групп работников, условия труда которых по воздействию ЛВ соответствуют классу 3.1, вредные условия труда 1-й степени, с долей вероятности 80 % возникнет при стаже работы в профессии от 11 лет и более.

2. В группе работников, условия труда которых по воздействию ЛВ соответствуют классу 3.2, вредные условия труда 2-й степени, риск развития ВБ возникнет с долей вероятности 25 % при стаже работы в профессии до 10 лет и с долей вероятности 75 % при стаже работы в профессии от 11 лет и более.

3. Для категории работников, условия труда которых по воздействию ЛВ соответствуют классам 3.3, 3.4, риск развития ВБ возникнет при стаже работы от 10 лет и более, при этом тяжесть течения заболевания в 40–100 % случаев приводит к потере трудоспособности и инвалидизации.

В условиях, когда изменить технологический процесс в ближайшей перспективе не представляется возможным, меры профилактики ВБ и инвалидности должны быть следующими:

– соблюдать режимы труда и отдыха лиц, подвергающихся воздействию ЛВ, с использованием в перерывах и после окончания рабочего дня лечебных процедур:

– регламентировать сменную производственную нагрузку с целью восстановления защитных механизмов организма работника;

– соблюдать первичные меры профилактики:

а) выполнять санитарно-гигиенические мероприятия, направленные на предотвращение ВБ (правильная организация труда, использование инструмента и оборудования с безопасным уровнем вибрации и др.);

б) предварительные и периодические медицинские осмотры, необходимость учета перечня противопоказаний при приеме на работы, связанные с воздействием вибрации;

в) профилактические мероприятия по повышению общей сопротивляемости организма работающих (физическое закаливание, массаж, лечебная физкультура и т.п.);

– соблюдать вторичные меры профилактики:

а) своевременная диагностика ВБ и патогенетическая терапия больных с начальными признаками заболевания;

б) временный перевод больных на работу, не связанную с воздействием вибрации;

в) диспансерное наблюдение, регулярные курсы лечения в стационаре, профилактории (не реже двух раз в год);

г) повторное санаторно-курортное лечение;

д) правильная профессиональная ориентация, переобучение и рациональное трудоустройство больного в равноценной профессии без снижения заработка;

– выполнять меры третичной профилактики:

а) предупреждение прогрессирования ВБ (освобождение от работы, связанной с вибрацией, повторные курсы лечения);

б) своевременное определение группы инвалидности и осуществление других мер социальной защиты и помощи.

Список литературы

1. Измеров Н.Ф. Профессиональная патология: национальное руководство. – М., 2011. – 784 с.

2. Профессиональный риск для здоровья работников: руководство / под ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова. – М., 2003. – 448 с.

3. Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. – М., 2003. – 24 с.

4. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М., 2005. – 142 с.

Влияние производственных факторов аптечной среды на здоровье работников

Ю.А. Горюнова

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

Вредные производственные факторы на рабочих местах в аптеках: неблагоприятный микроклимат, высокие уровни шума, тяжесть и напряженность труда. По данным самооценки: 96 % работников отмечают связь нарушений здоровья с условиями труда. Преобладают нервное напряжение – 83,3 %, повышенная утомляемость – 80 %, снижение зрения – 63,4 %, варикозное расширение вен нижних конечностей, боль в ногах, отечность – 63,4 %, остеохондроз, боль в шейном и поясничном отделах позвоночника – 36,7 %, частые ОРВИ – 26,6 %. Структура жалоб на неблагоприятное состояние здоровья аптечных работников, занимающих должность провизора, больше зависит от стажа, чем от возраста. Усугубляющим здоровье фактором является совмещение обязанностей.

Ключевые слова. Гигиена труда, аптеки, провизоры, самооценка здоровья.

Проблема здоровья медицинских и фармацевтических работников, выдвинувшаяся на первый план в начале прошлого века, остается актуальной и сегодня, когда продолжительность жизни у лиц, работающих в медицине, ниже, чем в среднем в популяции. Заболеваемость медицинских работников превышает аналогичные показатели в таких отраслях промышленности, как нефтепереработка, машиностроение, энергетика. Принадлежность к медицинской специальности предъявляет серьезные требования к организму работающего, его физическому и психическому состоянию, способности противостоять основным вредным профессиональным факторам: биологическим, психоэмоциональным и эргономическим [1].

Ряд источников указывает на недостоверность статистики по заболеваниям у медицинских работников. Причины этого явления связаны с их самолечением, что занижает показатель заболеваемости [2]. Среди медицинских работников са-

мым неизученным контингентом являются представители фармацевтической специальности – работы по исследованию здоровья этой профессиональной группы крайне редки и разрозненны [3]. Аптека – одно из учреждений системы здравоохранения, основной функцией которого является снабжение населения и медицинские организации лекарственными препаратами, перевязочными материалами и парафармацевтикой. Провизор – это второй специалист по счету в здравоохранении, к которому обращаются за помощью люди при нарушении здоровья. По данным Росстата, в этой отрасли было задействовано около 30 % от общей численности всех медицинских работников. Ежегодно пул специалистов только с фармацевтическим образованием пополняется на 7,5 тыс. человек [4]. Вышеизложенное обусловило актуальность настоящего исследования по изучению влияния факторов трудового процесса на состояние здоровья фармацевтических работников в современных условиях.

Цель исследования – дать гигиеническую характеристику основных факторов трудового процесса, их влияния на здоровье провизоров и консультантов (женщин) аптек г. Иркутска и разработать профилактические мероприятия.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 30 сотрудников четырех подразделений сети аптек г. Иркутска (табл. 1, 2) в возрастных диапазонах 18–30 лет – 17 человек и 31–60 лет – 13 человек.

Таблица 1

Распределение респондентов по возрасту, %

Показатель	Возрастная группа, лет					
	18–30		31–60		всего	
	n	$P \pm m$	*n*	$P \pm m$	*n*	$P \pm m$
Количество работников	17	56,6 ± 12,0	13	43,4 ± 9,1	30	100 ± 0

Таблица 2

Распределение респондентов по стажу и специальности, %

Специальность	Стаж, лет							
	1–5		5–10		>10		всего	
	n	$P \pm m$	*n*	$P \pm m$	*n*	$P \pm m$	*n*	$P \pm m$
Провизор	3	10,0 ± 9,05	2	6,7 ± 4,6	10	33,3 ± 8,4	15	50 ± 9,04
Консультант	14	46,7 ± 9,1	1	3,3 ± 3,2	–	–	15	50 ± 9,2
Всего	17	56,7 ± 10,5	3	10 ± 5,5	10	33,3 ± 8,4	30	100 ± 0

Большая часть провизоров имеют стаж >10 лет – 33,3 ± 8,4 %, 6,7 ± 4,6 и 10,0 ± 9,05 % – провизоры со стажем до 10 и до 5 лет соответственно. Среди консультантов основную долю составляют специалисты со стажем до 5 лет – 46,7 ± 9,1 %.

Производственная характеристика рабочего места работников аптек оценивалась путем измерения площадей, количественного набора помещений аптеки, планировки, оснащения в соответствии с СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность».

При гигиенических исследованиях изучены параметры микроклимата с помощью прибора «Метеоскоп-М» в соответствии с нормативно-методической до-

кументацией: МУК 4.3.2756-10 «Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений», СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность», СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», приказ от 21.10.1997 г. № 309 «Об утверждении инструкции по санитарному режиму аптечных организаций». Измерения проводились в разное время с учетом загруженности торгового зала посетителями: в торговом зале при обычной загруженности, при повышенной загруженности и при открытой внешней двери.

Для измерения шума использовался прибор шумомер «Октава». Измерения проводились согласно ГОСТ ISO 9612-2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах». Для оценки допустимого уровня шума пользовались СН 2.2.4-2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность», СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

Для измерения освещенности рабочих мест использовался прибор люксметр «ТКА-ЛЮКС». Оценка проводилась по МУК 4.3.2812-10 «Инструментальный контроль и оценка освещения рабочих мест», ГОСТ 24940-16 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности», СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

Хронометраж выполнен за три рабочие смены, заполнены карты хронометража. Рабочую позу изучали при помощи метода фотогониометрического анализа, была сфотографирована типичная рабочая поза провизора, составлена эпюра, измерены углы и проведена оценка результата.

Состояние здоровья изучалось по специально составленной анкете, в которой отражены паспортная часть, жалобы на заболевания, взаимосвязь с условиями труда, возможность организации перерыва на обед, оценка условий труда, меры профилактики и предложения. Результаты анкетирования обработаны следующим образом: ответы группировались возрасту, по стажу и специальности, по специальности и жалобам на заболевание. Данные сведены в таблицы и статистически обработаны. Статистическая обработка полученных в ходе исследования данных проводилась с использованием пакета прикладных программ MS Excel 2010.

Результаты. Проведенные гигиенические исследования свидетельствуют, что в набор аптечных помещений входят торговый зал с отделом хранения готовых лекарственных препаратов (14 $м^2$), где расположен стол для административной работы и для приема пищи (1,4 $м^2$), материальная комната для хранения запаса лекарственной и парафармацевтической продукции (7,5 $м^2$). Аптека обеспечена необходимым производственным оборудованием, материальными шкафами, холодильниками, металлическими шкафами, сейфом. На наш взгляд, в аптеке недостаточное количество производственных помещений и площадей, нет четкого понимания по набору помещений в действующем санитарном законодательстве.

Параметры микроклимата на рабочих местах (для категории работ по энергозатратам I б) в период обычной загруженности представлены в табл. 3, повышенной загруженности – табл. 4, при открытой внешней двери – табл. 5.

Таблица 3

Результаты измерений микроклиматических параметров в торговом зале в период обычной загруженности

Дни	Высота от пола, м	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		измеренная	*допустимые значения	измеренная	**допустимые значения	измеренная	*допустимая, не более
1-й	0,1	24	**19,0–24,4**	23	**40–65**	0,04	**0,2**
	1,0	25	**19,0–24,4**	21	**40–65**	0,02	**0,2**
	1,5	26	**19,0–24,4**	19	**40–65**	0,02	**0,2**
2-й	0,1	25	**19,0–24,4**	23	**40–65**	0,03	**0,2**
	1,0	25	**19,0–24,4**	25	**40–65**	0,02	**0,2**
	1,5	24	**19,0–24,4**	25	**40–65**	0,02	**0,2**
3-й	0,1	24	**19,0–24,4**	26	**40–65**	0,04	**0,2**
	1,0	23	**19,0–24,4**	24	**40–65**	0,04	**0,2**
	1,5	24	**19,0–24,4**	25	**40–65**	0,02	**0,2**

Примечание:
* – СанПиН 2.2.4.3359-16. «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»;
** – СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность».

Таблица 4

Результаты измерений микроклиматических параметров в торговом зале в период повышенной загруженности

Дни	Высота от пола, м	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		измеренная	*допустимые значения	измеренная	**допустимые значения	измеренная	*допустимая, не более
1-й	0,1	25	**19,0–24,4**	21	**40–65**	0,07	**0,2**
	1,0	26	**19,0–24,4**	21	**40–65**	0,06	**0,2**
	1,5	25	**19,0–24,4**	20	**40–65**	0,05	**0,2**
2-й	0,1	25	**19,0–24,4**	20	**40–65**	0,06	**0,2**
	1,0	25	**19,0–24,4**	20	**40–65**	0,06	**0,2**
	1,5	26	**19,0–24,4**	20	**40–65**	0,04	**0,2**
3-й	0,1	24	**19,0–24,4**	21	**40–65**	0,06	**0,2**
	1,0	23	**19,0–24,4**	20	**40–65**	0,07	**0,2**
	1,5	24	**19,0–24,4**	22	**40–65**	0,05	**0,2**

Примечание:
* – СанПиН 2.2.4.3359-16. «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»;
** – СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность».

Представленные в таблицах данные указывают на несоответствие допустимым значениям температур производственных помещений для категории работ по энергозатратам I б, при повышенной загруженности температура воздуха превышает верхние допустимые границы на 1–2 °С, при открытой внешней двери – ниже нижних допустимых границ на 1–3 °С. Относительная влажность воздуха во всех

помещениях ниже нормативных значений на 10–20 % по СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность» (нормы взяты по отношению к хранению лекарственных средств). Скорость движения воздуха в аптечных помещениях не превышает допустимые значения, но при нагревании воздуха в помещении с открытым окном создаются сквозняки при открытой внешней двери.

Таблица 5

Результаты измерений микроклиматических параметров в торговом зале при открытой внешней двери

Дни	Высота от пола, м	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		измеренная	*допустимые значения	измеренная	**допустимые значения	измеренная	*допустимая, не более
1-й	0,1	18	**19,0–24,4**	25	**40–65**	0,10	**0,2**
	1,0	18	**19,0–24,4**	24	**40–65**	0,10	**0,2**
	1,5	17	**19,0–24,4**	24	**40–65**	0,12	**0,2**
2-й	0,1	17	**19,0–24,4**	24	**40–65**	0,10	**0,2**
	1,0	18	**19,0–24,4**	24	**40–65**	0,11	**0,2**
	1,5	18	**19,0–24,4**	23	**40–65**	0,11	**0,2**
3-й	0,1	16	**19,0–24,4**	25	**40–65**	0,12	**0,2**
	1,0	18	**19,0–24,4**	27	**40–65**	0,10	**0,2**
	1,5	17	**19,0–24,4**	26	**40–65**	0,10	**0,2**

Примечание:
* – СанПиН 2.2.4.3359-16. «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»;
** – СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность».

Измерения шумового воздействия проводилась в течение одного номинального (рабочего) дня, при обеспечении естественной вентиляцией, т.е. при открытом окне (от 5 до 7 ч смены, 50–70 %), которое выходит на улицы с интенсивным движением. Источниками шума на рабочем месте являются посетители и внешний шум от автотранспорта. Уровни шума на рабочих местах представлены в табл. 6.

Таблица 6

Уровни шума в аптечных помещениях, дБА

Место измерения	Уровни звука, дБА		
	измеренные значения	* ПДУ	превышение
На рабочем месте с открытым окном	56	50	6
На рабочем месте с закрытым окном	40	50	–
На прилегающей территории	55	45	10

Примечание:
* – СН 2.2.4-2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

Анализируя представленные данные, следует отметить, что уровень шума на прилегающих к аптеке территориях, вдоль дорог с интенсивным движением, превышает ПДУ на 10 дБА. На рабочем месте, где окна выходят на улицы с интенсив-

ным движением, уровень звука превышает на 6 дБА, что не соответствует гигиеническим требованиям. При измерении шума в помещении с закрытым окном не выявлено превышения допустимых уровней.

Освещение совмещенное: естественное через боковые оконные проемы и искусственное комбинированное. В качестве источника света применены люминесцентные лампы (4×4), создающие в среднем 358 ± 13,5 лк, возле кассы добавлен локальный светильник, за рабочим столом заведующей аптекой уровни искусственной освещенности составляют в среднем 750 ± 23,2 лк. Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 в отношении аптек, в отделе готовых лекарственных средств и отделе ручной продажи нормируется только общее искусственное освещение, оно должно быть не менее 300 Лк, по результатам измерений общее освещение не ниже нормируемых значений.

Хронометражные исследования рабочих операций позволили установить, что длительность рабочей смены 10 ч, регламентированные перерывы не предусмотрены, работа осуществляется без организованного перерыва на обед. Данные проведенного хронометража свидетельствуют, что в течение смены работники заняты оперативной работой – 64,2 %, в том числе: основная работа за кассой стоя – 76,6 %, административная работа – 23,3 %, при этом простои в работе, отдых, отвлечения на личные надобности в течение смены достигают до 7,5 % времени, но не всегда стабильно, в зависимости от проходимости посетителей, на подготовительно-заключительную работу приходится – 7,5 %. Высокая загруженность основной работой приходится на 4-й час работы.

Гигиенические требования эргономики обосновываются санитарно-гигиеническими нормативами, и в настоящее время разработаны мероприятия, способствующие их осуществлению. Если в основе гигиенических требований эргономики лежат санитарно-гигиенические нормативы, имеющие силу закона, то физиологические и психологические требования эргономики подкреплены рядом ГОСТ, рекомендации которых обязательны. К такого рода рекомендациям относятся размерные соотношения и зоны досягаемости на рабочем месте в рабочей позе «стоя» [5].

В результате проведенного исследования установлено, что основная рабочая поза работниц аптек – поза «стоя» (она составляет 7 ч из 10-часовой смены – 70 %), на рис. 1 представлена эпюра характерной рабочей позы, в табл. 7 – фактические и оптимальные пределы колебаний гониометрических показателей при работе стоя.

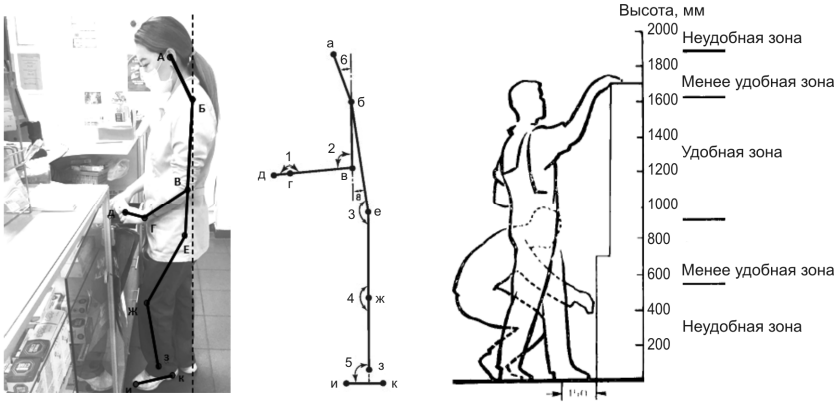


Рис. 1. Эпюры рабочих поз стоя фактическая и рациональная, размерное соотношение на рабочем месте в положении «стоя»

Таблица 7

Оптимальные пределы колебаний гониометрических показателей при работе стоя, град

Наименование углов (суставы)	Оптимальные пределы, град	Фактические	Отклонения
Лучезапястный	170–190	135	–35
Локтевой	80–100	125	+25
Тазобедренный	165–180	155	–10
Коленный	180	215	+35
Голеностопный	90–100	90	Нижняя граница
Отклонение шеи от вертикали	10–25	25	Верхняя граница
Отклонение плеча от вертикали	0–15	8	–
Отклонение туловища от вертикали	0–15	10	–

При фотогониометрическом анализе эпюры основной рабочей позы «стоя» было выявлено нерациональное расположение работниц по отношению к производственному оборудованию, в данном случае к кассовому аппарату и компьютеру. Отклонение лучезапястного сустава недостаточного угла, а отклонение локтевого сустава, наоборот, превышает параметры оптимального угла сгибания, они связаны с недостаточностью высоты расположения кассового аппарата. Выявлены отклонения сгибания от оптимальных величин в тазобедренном и коленном суставах. Отклонение шеи от вертикали имеет верхнюю границу оптимальных параметров.

Установлено, что экономичной в энергетическом отношении и более рациональной является рабочая поза «сидя». При рабочей позе «сидя» в лучшую сторону изменяется ряд условий трудовой деятельности организма: опускается центр тяжести тела, увеличивается площадь опоры, улучшаются условия для работы сердечно-сосудистой системы за счет снижения гидростатического давления крови [5].

По мнению многих авторов, состояние здоровья рабочего населения зависит от условий труда [6, 7]. В рамках нашего исследования мы провели анализ состояния здоровья по данным самооценки.

При обработке результатов анкет по основным жалобам у сотрудников не установлено статистически значимой разности между предложенными группами. У провизоров преобладают жалобы на боль в ногах, отечность 40,0 ± 8,9 %, повышенную утомляемость 43,3 ± 12,5 %, нервное напряжение 53,3 ± 12,4 %. Наличие данных жалоб связывают с работой 96,0 ± 3,6 % сотрудников, стаж которых составил пять лет и более.

У консультантов основные жалобы на боль в ногах 23,4 ± 7,7 %, повышенную утомляемость 36,7 ± 8,7 %, нервное напряжение 30,0 ± 8,3 %. Указанное обстоятельство, вероятно, связано с совмещением основной работы с другими видами деятельности (уборка помещений, фасовка товара и учебная нагрузка) (рис. 2).

Более 50 % смен на рабочем месте находится один сотрудник, что оказывает большую нагрузку. 90 ± 4,3 % респондентов выполняют свои обязанности в рабочей позе «стоя», у остальных 10 ± 5,4 % имеется возле кассы специальный стул, поэтому рабочая поза «стоя – сидя» при смене положения. У 90 ± 4,3 % сотрудников отсутствует регламентированный обеденный перерыв, у операторов при работе с ПЭВМ, это связано с тем, что в смене работает один человек. Имеются жалобы, которые связывают с работой, на снижение зрения у 63,4 ± 8,7 % сотрудников, уве-

личение частоты заболеваний ОРВИ – 26,6 ± 8,06 % и повышение артериального давления, головные боли в конце рабочего дня – у 60 ± 8,9 % респондентов. 77 ± 7,6 % респондентов ответили, что проводят профилактику заболеваний различными лекарственными средствами и мероприятиями, чтобы улучшить состояние здоровья, остальные профилактику не проводят, потому что относятся к сотрудникам, стаж работы которых менее пяти лет и поэтому жалоб не отмечают.

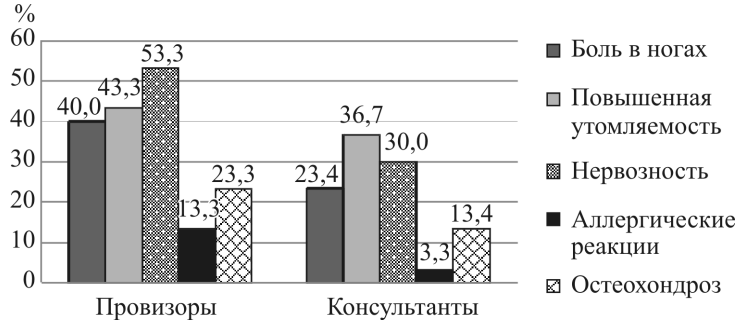


Рис. 2. Основные жалобы в зависимости от специальности

Мнения респондентов поровну распределились по оценке удовлетворенности условиями труда в аптеке, по 50,0 ± 9,1 % респондентов ответили, что условия труда удовлетворяют и не удовлетворяют. Качество организации труда и отдыха респонденты оценили по 5-балльной шкале неоднозначно, наибольшее количество сотрудников (36,7 ± 8,7 %) ответили, что условия соответствуют среднему уровню организации, 30,0 ± 8,9 % – оценили условия на 4 балла, 26,7 ± 8,07 % – на 2 балла, и по 3,4 ± 3,2 % оценили на один и 5 баллов.

Нами предложены следующие профилактические мероприятия по оптимизации условий труда: рекомендовано оптимально распределить рабочие места, из торгового зала убрать компьютер заведующей вместе со столом и поместить в материальное помещение, благоустроить материальное помещение как отдельный кабинет. Для регулирования микроклимата в аптеке необходимо иметь утепленный тамбур с воздушной тепловой завесой. В зданиях аптек следует предусматривать приточно-вытяжную вентиляцию с механическим побуждением, кондиционирование воздуха позволит поддерживать температуру, уровень влажности воздуха в помещении на заданном уровне. Наружный воздух, подаваемый в помещение, следует очищать в фильтрах. Тем самым уровни внешнего шума будут сведены до допустимых значений.

В течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не менее 30 мин. Правилами внутреннего трудового распорядка или трудовым договором может быть предусмотрено, что указанный перерыв может не предоставляться работнику, если установленная для него продолжительность ежедневной работы (смены) не превышает четырех часов. Если нет возможности делать перерыв в аптеке, тогда рекомендовано в каждой смене поставить не менее двух сотрудников, которые смогут заменять друг друга для перерыва на обед.

Организовать рабочее место, соблюдая оптимальную высоту стола с кассовым аппаратом, он должен располагаться выше для удобного расположения рук, и для исключения дополнительных рабочих нагрузок, рекомендовано установить

у кассы специальный подвижный стул. Для снижения нагрузки на сотрудников аптеки, профилактики повышенного утомления рекомендовано распределение обязанностей, следует нанимать специальных людей для уборки помещений и приема товарного ассортимента.

Для профилактики варикозного расширения вен, отечности и болей в ногах, использовать венотонизирующие препараты, компрессионный трикотаж, гимнастику ног в течение дня и по вечерам.

Для профилактики нервного напряжения рекомендованы производственные семинары по предупреждению конфликтных ситуаций с клиентами, борьбе со стрессами, применение биологически активных добавок.

Для профилактики аллергических реакций в торговом зале должна быть, как было отмечено выше, приточно-вытяжная вентиляция, проведение влажной уборки не менее одного раза в день, генеральной уборки – не менее одного раза в неделю.

Для профилактики ОРВИ рекомендовано установление в аптеке бактерицидных ламп, приточно-вытяжной вентиляции, использование эфирных масел в виде спреев для распыления в аптеке, что снизит устойчивость патогенных микроорганизмов.

Для профилактики остеохондроза, болей в шейном и поясничном отделе рекомендовано проведение гимнастики в свободное от посетителей время, занятие плаванием, фитнесом, также важную роль играет оптимальное санитарно-техническое оборудование аптеки.

Для удовлетворения эстетических факторов, в 50 % аптек сети стоит провести косметический ремонт по улучшению условий труда.

Гигиеническим обследованием производственных аптечных помещений и опросом сотрудников установлено, что набор помещений и их площади для выполнения трудовой деятельности недостаточны. Вместе с тем в действующих документах санитарного законодательства отсутствует перечень необходимых помещений для размещения в аптеке.

Расположение оборудования нерациональное, не учтены антропометрические характеристики работников, не предусмотрено специальное дополнительное оборудование (регулируемый стул возле кассы). Вынужденное положение «стоя» в течение рабочего дня, приводит к таким неблагоприятным последствиям, как варикозное расширение вен нижних конечностей, отеки, боль в ногах, остеохондроз шейного и поясничного отделов позвоночника (выявленные жалобы при анкетировании – 63,4 и 36,7 % соответственно). Причинами данного нерационального соответствия является следующее: компьютерная мышь располагается на высоте от пола 100 см, а касса – на высоте 90 см. В соответствии с ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования» рекомендованная высота расположения оборудования на рабочем месте для работника среднего роста – 160 см составляет 110–120 см.

При проведении оценки физических факторов было обнаружено, что температура воздуха в аптеке не соответствует допустимым значениям температур производственных помещений для категории работ по энергозатратам Iб, при повышенной загруженности торгового зала температура превышает верхние допустимые границы на 1–2 градуса. Температура при открытой внешней двери ниже нижних допустимых границ на 1–3 градуса.

Относительная влажность воздуха по результатам измерений во всех помещениях ниже нормативных значений на 10–20 %, в соответствии с СанПиН 2.1.3.2630-10 по

отношению к хранению лекарственных средств допустимые значения в пределах от 40 до 65 %, но допустимые значения параметров относительной влажности для комфортных условий труда в помещении для работников по СанПиН 2.2.4.3359-16 соответствуют допустимым значениям от 15 до 75 %, в таком случае, рекомендовано руководствоваться СанПиН 2.1.3.2630-10, при выполнении условий которого будет соблюдаться оптимальная относительная влажность для хранения лекарственных средств и комфортного микроклимата для работниц.

Скорость движения воздуха в аптеке не превышает допустимые значения, но при нагревании воздуха в помещении с открытым окном создаются сквозняки при открытой внешней двери.

Таким образом, неблагоприятные условия микроклимата могут способствовать увеличению частоты заболеваний ОРВИ (26,6 % респондентов отметили в анкетах и отметили связь с работой).

Измерения уровня шума показали, что шумовой режим в аптеках обусловлен как внешним шумом, проникающим с улицы, так и внутренним. Отрицательное действие шума проявляется неблагоприятным общим действием на организм, влияет на производительность труда, снижает работоспособность, повышает утомляемость, замедляет психические реакции. Следовательно, достигнуть снижения уровня внешнего шума от автотранспорта можно за счет закрытия окна, но при этом необходимо установить в аптеке кондиционер.

Выводы. Оптимизация условий труда работников в аптечных организациях является важнейшим мероприятием, направленным на повышение их работоспособности и защиту здоровья [8]. Данные анализа позволили выявить несоответствие положений нормативных документов, определяющих режимы труда и отдыха работниц аптек. Путем анкетирования были выявлены жалобы на ухудшение состояния здоровья, связанные с производственными факторами и организацией трудового процесса. Заболевания не подтверждены документально, для более точного анализа заболеваемости следует провести углубленный анализ с привлечением медицинского наблюдения в течение продолжительного времени.

По данным самооценки, 96,0 % женщин отмечают связь нарушений здоровья с условиями труда, преобладают нервное напряжение – 83,3 %, повышенная утомляемость – 80,0 %, снижение зрения – 63,4 %, варикозное расширение вен нижних конечностей, боль в ногах, отечность – 63,4 %, остеохондроз, боль в шейном и поясничном отделах позвоночника – 36,7 %, частые ОРВИ – 26,6 %. При этом структура жалоб на неблагоприятное состояние здоровья аптечных работников, занимающих должность провизора, больше зависит от стажа, чем от возраста.

Разработанные рекомендации и профилактические мероприятия позволят оптимизировать условия труда, повысить работоспособность и сохранить здоровье провизоров и консультантов аптек.

Список литературы

1. Бектасова М.В., Шепарев А.А., Скварник В.В. Условия труда и состояние заболеваемости персонала производственных аптек и аптек многопрофильных лечебных учреждений Приморского края // Сборник научных трудов по материалам междунар. науч.-практ. конф.: в 5 ч. / под общей ред. Ж.А. Шаповал. – Белгород, 2017. – С. 113–120.

2. Зайцева Т.А., Юркевич А.Б. Состояние здоровья фармацевтических работников производственных аптек г. Витебска // Вестник фармации. – 2014. – С. 29–37.

3. Золина З.М. Руководство по физиологии труда. – М.: Медицина, 1983. – 528 с.

4. Зубрев Н.И., Орлова Е.И., Устинова М.В. Организация охраны труда в центре контроля качества лекарств // Актуальные проблемы социально-экономической и экологической безопасности: сборник материалов VIII междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 147–150.

5. Измеров Н.Ф. Охрана здоровья рабочих и профилактика профессиональных заболеваний на современном этапе // Медицина труда и промышленная экология. – 2002. – № 1. – С. 1–7.

6. Кириллов В.Ф. Руководство к практическим занятиям по гигиене труда. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 8 с.

7. Кулик В.В., Ковалева Т.Г., Ковалев Д.Н. Исследование отдельных показателей состояния здоровья фармацевтических работников // Социально-экономические и правовые основы развития экономики. – 2015. – С. 113–129.

8. Юдина Л.Ю., Береговых Ю.Ю., Аладышева Ж.И. О тенденциях современного фармацевтического профессионального образования // Медицинское образование и вузовская наука.– 2015. – № 1. – С. 19.

Современные аспекты медицины труда. Оценка профессиональных рисков здоровью работников от виброакустических факторов

А.М. Сержантов

Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Тюменской области» в г. Ишиме, Ишимском, Абатском, Викуловском, Сорокинском районах, г. Ишим, Россия

Труд работников характеризуется сложностью и многообразием выполняемых видов деятельности. Данные обстоятельства требуют усиления контроля за условиями осуществления ими трудовой деятельности и за прохождением первичных и периодических медицинских осмотров.

Ключевые слова: медицина труда, оценка профессиональных рисков, профессиональные заболевания, медицинские осмотры.

Медицина труда – это профилактическое направление отечественной медицины, изучающее все аспекты воздействия окружающей среды и техногенных производственных нагрузок, социальной обстановки на здоровье работающего населения с центром внимания на факторы влияния негативных производственных и технологических циклов, токсических веществ и вредных отходов производства. Цель медицины труда – разработка и реализация научно обоснованных путей улучшения экологических условий труда для сохранения здоровья работающих, предупрежде-

ния и лечения профессиональных и производственно обусловленных заболеваний, а также разработка проблем гигиены труда и профессиональной патологии [1, 2].

Медицина труда разрабатывает проблемы гигиены труда, профессиональных заболеваний и профпатологии, физиологии труда, профессиональной токсикологии, отраслевой медицины труда, социально-гигиенических и эпидемиологических заболеваний, т.е. практически весь спектр медико-социальных проблем состояния и динамики здоровья активной части населения в связи с демографическими сдвигами, изменяющимися экологически вредными условиями производства (в том числе с вредными технологическими процессами), окружающей среды и миграционными процессами. В рамках решения задач медицины труда проводится обоснование критериальных показателей функционального состояния человека при воздействии экологически вредных факторов производственной среды на организм работающих в целях создания гигиенических требований к этим факторам, с организацией действенной оценки экологического контроля, а также других мер профилактики неблагоприятных последствий (изучение действия на организм токсичных загрязнений, производственных шумов, вибраций, ультразвуков и др.) в целях установления их допустимых уровней.

Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения физиологических процессов и функционального состояния организма человека. Изменения в функциональном состоянии организма проявляются в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Все это ведет к снижению производительности труда. Изменения в физиологических процессах организма – в развитии нервных заболеваний, нарушении функций сердечно-сосудистой системы, нарушении функций опорно-двигательного аппарата, поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций органов внутренней секреции. Все это приводит к возникновению вибрационной болезни.

В последнее время принято различать три формы вибрационной болезни: от локальной вибрации – возникающей от воздействия вибрации на руки (спазмы периферических сосудов, приступы побеления пальцев рук на холоде, ослабление подвижности и боль в руках в покое и ночное время, потеря чувствительности пальцев, гипертрофия мышц); от общей вибрации – от преимущественного воздействия вибрации на весь организм человека (общемозговые сосудистые нарушения и поражение головного мозга); от воздействия комбинированной вибрации – при совместном воздействии общей и локальной вибрации.

Шум неблагоприятно действует на организм человека: повышает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, значительно ослабляет внимание, увеличивает число ошибок во время работы, замедляет скорость психических реакций, в результате чего снижается производительность труда и ухудшается качество работы. Шум затрудняет своевременную реакцию, например работающих на предприятиях или стройках, что способствует возникновению несчастных случаев.

Шум оказывает вредное влияние на физическое состояние человека: угнетает центральную нервную систему; вызывает изменение скорости дыхания и пульса; способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни; может приводить к профессиональным заболеваниям.

В РФ в 2018 г. в структуре профессиональной патологии в зависимости от воздействующего вредного производственного фактора на первом месте – профес-

сиональная патология, обусловленная чрезмерным воздействием на организм работников физических факторов производственных процессов, уровень которых снизился и составил 49,85 %. Второе ранговое место за профессиональной патологией, обусловленной воздействием физических перегрузок и перенапряжения отдельных органов и систем, – 24,73 %. Третье и четвертое места за профессиональными заболеваниями от воздействия промышленных аэрозолей – 15,89 %, и заболеваниями (интоксикациями), вызванными химическими веществами, – 6,03 %.

Распределение по основным нозологическим формам в группе профессиональных заболеваний, обусловленных воздействием физических факторов трудового процесса, следующее: превалирует нейросенсорная тугоухость – 55,13 % от количества всех заболеваний в группе, второе ранговое место занимает вибрационная болезнь – 42,88 %, на третьем месте – моно- и полинейропатии – 1,75 %. На долю прочей патологии в рассматриваемой группе приходится 0,24 %.

В табл. 1 представлена доля заболеваний от воздействия в 2010–2018 гг. виброакустичекого фактора в структуре профессиональной заболеваемости в России.

Исходя из данных, полученных благодаря анализу отчетов Роспотребнадзора за 2010–2018 гг. [3–9], установлено, что удельный вес рабочих мест, не отвечающих гигиеническим нормативам по вибрационному фактору в России, с каждым годом имеет тенденцию к снижению (табл. 2).

Таблица 1

Доля заболеваний от воздействия в 2010–2018 гг. виброакустичекого фактора в структуре профессиональной заболеваемости в России

Год	Доля заболеваний от воздействия виброакустичекого фактора, %
2010	45,3
2011	46,2
2012	47,4
2013	46,5
2014	46,8
2015	48,9
2016	47,7
2017	47,8
2018	49,8

Таблица 2

Удельный вес рабочих мест, не отвечающих гигиеническим нормативам по вибрационному фактору

Год	Удельный вес рабочих мест, не отвечающих гигиеническим нормативам по вибрационному фактору, %
2010	14
2011	15,4
2012	14
2013	14,83
2014	12,5
2015	10,8
2016	9,97
2017	10,36
2018	10,02

В ходе исследования количества рабочих мест, не соответствующих нормам по шуму, было выявлено, что в России, начиная с 2014 г., имеется тенденция к снижению количества рабочих мест, не соответствующих нормам (табл. 3).

Таблица 3

Удельный вес рабочих мест, не отвечающим гигиеническим нормативам по шуму

Год	Удельный вес рабочих мест, не отвечающим гигиеническим нормативам по шуму, %
2010	22,1
2011	25,4
2012	25,3
2013	24,6
2014	21,8
2015	17,9
2016	16,6
2017	16,0
2018	15,1

Способы защиты от виброакустических факторов. К способам борьбы с вибрацией относятся снижение вибрации в источнике (улучшение конструкции машин, статическая и динамическая балансировка вращающихся частей машин), виброгашение (увеличение эффективной массы путем присоединения машины к фундаменту), виброизоляция (применение виброизоляторов пружинных, гидравлических, пневматических, резиновых и др.), вибродемпфирование (применение материалов с большим внутренним трением), применение индивидуальных средств защиты (виброзащитные обувь, перчатки со специальными упругодемпфирующими элементами, поглощающими вибрацию).

К средствам борьбы с производственным шумом относят:

1) средства, снижающие шум в самом источнике, применение рациональных конструкций, новых материалов и технологических процессов, отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям, основанным на устранении или снижении причин возникновения звуковых колебаний, которыми служат механические, аэродинамические, гидродинамические и электрические явления;

2) акустическое экранирование (средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта: звукоизоляция ограждениями, экранами, кожухами; звукопоглощение облицовками и объемными поглотителями; виброизоляция; вибродемпфирование; глушители аэродинамического шума);

3) удаление источника шума на такое расстояние, когда его воздействие на человека или окружающую среду будет меньше предельно допустимых значений (шум снижается прямо пропорционально квадрату расстояния). Достигается это рациональным размещением технологического оборудования, машин и механизмов, рабочих мест, расположением тихих помещений внутри зданий, вдали от шумных, расположение защищаемых объектов за глухими стенами к источнику шума, и др.

4) Средства индивидуальной защиты от шума:

– противошумные вкладыши (антифоны, беруши);

– наушники;

– шлемы;

– костюмы.

Также предупреждение неблагоприятного воздействия шума на организм человека основано на его гигиеническом нормировании, целью которого является обоснование допустимых уровней, обеспечивающих предупреждение функциональных расстройств и заболеваний.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума – это уровень шума, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных людей.

Список литературы

1. Артамонова В.Г., Мухин Н.А. Профессиональные болезни. – М.: Медицина, 2009 – 479 с.

2. Гражданская защита: энциклопедический словарь / под общей ред. С.К. Шойгу. – М., 2005. – 568 с.

3. Защита прав потребителей в Российской Федерации в 2012 году: Государственный доклад [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php? ELEMENT_ID=1179 (дата обращения: 16.08.2020).

4. Защита прав потребителей в Российской Федерации в 2013 году: Государственный доклад [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php? ELEMENT_ID=2291 (дата обращения: 16.08.2020).

5. Защита прав потребителей в Российской Федерации в 2014 году: Государственный доклад [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php? ELEMENT_ID=3693 (дата обращения: 16.08.2020).

6. Защита прав потребителей в Российской Федерации в 2015 году: Государственный доклад [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php? ELEMENT_ID=6697 (дата обращения: 16.08.2020).

7. Защита прав потребителей в Российской Федерации в 2016 году: Государственный доклад [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php? ELEMENT_ID=8395 (дата обращения: 16.08.2020).

8. Защита прав потребителей в Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php? ELEMENT_ID=10144 (дата обращения: 16.08.2020).

9. Защита прав потребителей в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php? ELEMENT_ID=12054 (дата обращения: 16.08.2020).

Влияние производственных факторов на состояние костно-мышечной системы работников промышленных предприятий

И.В. Лапко, К.В. Климкина

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

Воздействие неблагоприятных факторов рабочей среды на работников промышленных предприятий часто ассоциировано с формированием производственно обусловленных заболеваний костно-мышечной системы. Целью исследования явилось изучение состояния опорно-двигательного аппарата у горнорабочих, труд которых сопряжен с воздействием повышенных уровней вибрации и физических перегрузок. Установлено, что среди заболеваний костно-мышечной системы до 50 % составляют вертеброгенные заболевания позвоночника, преимущественно пояснично-крестцового уровня, и более 60 % – дегенеративные заболевания суставов, о чем свидетельствуют данные рентгенологического обследования. Клинико-функциональные изменения опорно-двигательного аппарата у рабочих вредных производств сопровождаются нарушением обменных процессов костеобразования, дегенеративно-дистрофическими расстройствами, повреждением периферических нервов демиелинизирующего, аксонального характера, дистальной гипестезией.

Ключевые слова: производственные факторы, промышленные предприятия, опорно-двигательный аппарат, костно-мышечная система, остеопенический синдром.

Проблема охраны и укрепления здоровья трудоспособного населения, создания оптимальных и безопасных условий труда является актуальной и значимой в последнее десятилетие. Анализ состояния здоровья различных групп населения свидетельствует о сохраняющейся высокой заболеваемости и последующей инвалидизации лиц трудоспособного возраста от болезней, ассоциированных с воздействием неблагоприятных производственных факторов, таких как промышленный аэрозоль, шум, вибрация, физические перегрузки, неблагоприятный микроклимат, которые влияют на уровень здоровья, работоспособность и функциональное состояние организма. Кроме того, постоянно увеличивающиеся психологические и интеллектуальные нагрузки в быту и на производстве приводят к изменению индивидуальных характерологических особенностей работника и создают неблагоприятные предпосылки для нарушений состояния его здоровья [1].

Трудовая деятельность работников ведущих отраслей промышленности (металлургической, горнодобывающей, строительной, машиностроения) связана с тяжелым физическим трудом, сопровождающимся поднятием тяжестей, длительными статическими нагрузками, поворотами туловища, с воздействием повышенных уровней локальной и общей вибрации, что приводит к формированию производственно обусловленных заболеваний костно-мышечной системы. К факторам риска развития заболеваний суставов и позвоночника у рабочих относят неблагоприятный микроклимат, горно-геологические условия, монотонные однообразные движения, выполняемые в быстром темпе, трение и растяжение суставных связок, что приводит к перенапряжению костно-мышечного аппарата и микротравматизации, оказывающим влияние на состояние костной ткани и ее метаболизм.

Клинические проявления нарушений костно-мышечной системы не имеют специфических симптомов, лишь некоторые из них характеризуются особым симптомокомплексом, обусловленным своеобразными рентгенологическими и биохимическими изменениями. В большинстве случаев только указания на неблагоприятные условия труда заболевшего позволяют заподозрить профессиональных характер выявленных нарушений. Патология опорно-двигательного аппарата составляет значительную часть среди всех профессиональных заболеваний и колеблется по разным регионам страны от 11 до 45 % [2, 3].

С целью изучения состояния костно-мышечной системы у работников вредных производств обследовано 125 горнорабочих (проходчики, крепильщики, горнорабочие очистного забоя, машинисты буровых установок и погрузочно-доставочных машин, машинисты экскаваторов) подземных шахт Норильского региона, АО «Комбинат “КМАруда”», АО «Стойленский горно-обогатительный комбинат», подвергающихся воздействию физических нагрузок, превышающих санитарные нормы, общей и / или локальной вибрации выше ПДУ на 3–12 дБ. Возраст обследованных – 43,6 ± 7,6 г. Стаж в контакте с производственными факторами – 14,8 ± 5,8 г. Контрольную группу составили 56 человек, сопоставимые по возрасту и полу с основной, не контактирующие с неблагоприятными факторами рабочей среды.

Обследование включало сбор анамнеза (оценка наследственности, образа жизни, исключение патологии крови, почек, желудочно-кишечного тракта, сердца и сосудов, аутоиммунных заболеваний), изучение неврологического и ортопедического статуса, биохимический анализ крови (кальций общий (Са общ.) и ионизированный (Са ион.), фосфор (Р), креатинин, щелочная фосфатаза (ЩФ) на биохимическом анализаторе, оценивалась экскреция кальция и фосфора с мочой (Са/креатинин, Р/креатинин), определялись в крови уровни тиреотропного гормона (ТТГ), свободного трийодтиронина ($сТ_3$), свободного тироксина ($сТ_4$) на основе иммуноферментного анализа с использованием стандартных наборов.

Состояние костно-мышечной системы оценивалось с помощью рентгенологического исследования кистей, лучезапястных, локтевых, плечевых суставов, поясничнo-крестцового отдела позвоночника, ультразвукового костного сонометра Sunlight Omnisense TM 7000S, стимуляционной электромиографии (ЭНМГ) сенсорных и моторных волокон периферических нервов конечностей (срединного, локтевого, икроножного, малоберцового) на нейромиографе «МБН». Элементы старения костей кисти при анализе рентгенограмм были разделены на четыре группы: 1-я – остеофиты в околосуставных участках кости и местах прикрепления мышечных сухожилий; 2-я – остеопоротическая переестройка костной структуры (участки остеопороза, очаги атрофии, островки резорбции); 3-я – остеосклероз (эностозы, склеротические ядра); 4-я – нетравматические суставные деформации (сужение рентгеновских суставных щелей, ульнарная подточенность). Снижение плотности костной ткани оценивали по *T*-критерию (в сравнении с плотностью костной ткани 25–30-летнего человека) и *Z*-критерию (минеральная плотность кости по сравнению с таким же показателям здорового человека аналогичного возраста). Значение *T*-индекса ниже –1,0 свидетельствовало о нарушениях минеральной плотности костной ткани.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета программ Microsoft Office (Excel, Word) в среде Windows XP.

По факторам риска нарушений минеральной плотности костной ткани, таких как возраст, индекс массы тела, переломы в анамнезе, употребление кофе и никотина, употребление молочных продуктов, различий в группах сравнения не отмечено.

В структуре заболеваний опорно-двигательного аппарата ведущее место занимает вертеброгенная патология, частота которой у горнорабочих в два раза превышала аналогичный показатель группы контроля (46,4 и 23,2 % соответственно) ($p < 0,05$). При этом пояснично-крестцовая дорсопатия диагностировалась почти у 60 % всех выявленных вертеброгенных заболеваний. Дорсопатия шейного отдела позвоночника выявлена у 14,4 %, в группе сравнения этот показатель не превышал 8,9 %.

У большинства горнорабочих вертеброгенные нарушения проявлялись минимальными дефицитарными синдромами, рецидивирующим течением рефлекторных болевых, мышечно-тонических, нейродистрофических синдромов (80,2 %). Реже встречался компрессионно-ишемический синдром с вовлечением L4, L5, S1 пояснично-крестцовых корешков (у 17,2 %) и шейно-плечевых С5, С6, С7 корешков (у 2,6 %).

С увеличением профессионального стажа возрастает распространенность вертеброгенной патологии: при стаже до 10 лет вертеброгенные заболевания выявлены у 6,9 %, при стаже более 15 лет – у 21,5 %.

Суммарная доля клинически выявленных дегенеративных заболеваний суставов верхних конечностей у горнорабочих (остеоартрозов, эпикондилезов надмыщелков плечевой кости, плечелопаточных периартрозов) составила 68,4 %.

При рентгенологическом исследовании кистей и суставов верхних конечностей выявлялись изменения костной структуры в виде дегенеративно-дистрофических нарушений. Остеофиты в околосуставных участках кости и местах прикрепления мышечных сухожилий отмечены в 16,8 % случаев, остеопороз – более чем у половины больных (54,4 %). При этом в 42,4 % данные изменения были в виде кистовидных просветлений костей.

Развитие остеосклеротических изменений (эностозы, склеротические ядра) имело место у 25 % рабочих. Признаки нетравматических суставных деформаций (сужение рентгеновских суставных щелей, ульнарная подточенность) были максимально распространены и диагностированы у 68,7 % обследованных. В большинстве случаев у горнорабочих имело место сочетание различных элементов костно-дистрофических изменений кистей.

При рентгенографии пояснично-крестцового отдела позвоночника отмечалась сглаженность физиологических лордозов, разряженность костной структуры, снижение высоты межпозвонковых дисков, склеротические изменения (76,8 %). Различные типы аномалий развития поясничного отдела (незарастание дужек позвонков, сакрализация V поясничного позвонка, люмбализация I первого крестцового позвонка) диагностированы у 17 человек (13,6 %). Во всех случаях выявления аномалий пояснично-крестцового отдела позвоночника отмечались рентгенологические признаки изменений дегенеративно-дистрофического характера (остеохондроз, деформирующий спондилез, спондилоартроз).

Оценка состояния костной ткани с использованием ультразвукового денситометрического исследования показала, что распространенность остеопенического синдрома была ниже, чем частота выявления остеопороза на рентгенограмме кистей, и варьировалась в зависимости от зоны исследования от 20 до 30 %. Среднее значение *Z*-критерия составляло $0,89 \pm 0,13$, среднее значение *T*-критерия – $0,82 \pm 0,5$, что соответствовало норме.

При анализе показателей кальций-фосфорного обмена выявлено достоверное повышение уровня Са общ. и Са ион. крови у горнорабочих с нормальной мине-

ральной плотностью костной ткани (МПКТ) по сравнению с группой контроля. Лица со сниженной МПКТ имели уровень Са общ. и Са ион. ниже референсных значений на фоне достоверного увеличения экскреция кальция с мочой. Показатели фосфора находились в пределах нормальных значений во всех группах. Однако у пациентов со сниженной МПКТ диагностировалось достоверное повышение фосфора крови в пределах нормальных величин. Выявлено и достоверное повышение ЩФ, не выходящее за пределы референсных значений у горнорабочих, имеющих снижение плотности костной ткани. Выявленные изменения свидетельствуют о нарушении костеообразования у горнорабочих. Справедливо отметить, что ЩФ участвует как в тканевом обмене фосфора и кальция, так и используется для выявления патологии печени, желчевыводящих протоков, сердца, почек. Отмечается ее повышение и при интенсивных физических нагрузках, что необходимо учитывать при оценке полученных результатов.

Оценка гипофизарно-тиреоидных гормонов (ТТГ, cT_3, cT_4) свидетельствовала о нормальной концентрации их уровней во всех группах наблюдения. При этом отмечалась тенденция к снижению cT_4, повышению ТТГ у горнорабочих с пояснично-крестцовой радикулопатией со сниженной МПКТ ($p < 0,05$). Выявлена корреляционная связь между ТТГ и Т-показателем ультразвуковой денситометрии ($r = 0,58$, $p < 0,05$), ТТГ и концентрацией общего и ионизированного кальция в крови ($r = –0,57$), а также cT_4 с Т-критерием ($r = –0,54$) и с экскрецией кальция с мочой (–0,48, $p < 0,05$), что свидетельствует о влиянии функционирования щитовидной железы на метаболизм костной ткани.

Оценка данных стимуляционной электромиографии свидетельствовала о вовлечении в патологический процесс периферических нервов верхних и нижних конечностей: достоверном замедлении скорости распространения возбуждения (СРВ) по срединному, локтевому, малоберцовому и икроножному нервам у 21,6 %, что выявляет признаки демиелинизирующего процесса ($p < 0,05$). У 47,6 % замедление СРВ сопровождалось снижением амплитуды вызываемых потенциалов действия (АВПД), что указывает на аксональное нарушение. У 53,6 % наблюдалось повышение порога сенсорной чувствительности – дистальная гипестезия. Отмечалось ухудшение ряда ЭНМГ-показателей при сравнении с данными контрольной группы. При исследовании срединного нерва выявлялось достоверное снижение амплитуды М-ответа на 2,14 мВ, увеличения резидуальной латентности на 0,72 мс и снижения СРВ на 8,46 м/с по сенсорному и на 3,75 м/с по моторному волокнам. При исследовании локтевого нерва – достоверное снижение амплитуды М-ответа на 3,23 мВ, возрастание времени резидуальной латентности на 0,98 мс и снижения СРВ на 7,38 м/с по сенсорным волокнам. При исследовании икроножного нерва – достоверное снижение амплитуды М-ответа на 5,61 мВ, снижение СРВ на 9,1 м/с по сенсорным и на 5,32 м/с по моторным волокнам. Исследование малоберцового нерва выявляло снижение амплитуды М-ответа на 5,62 мВ, увеличения резидуальной латентности на 0,94 мс и снижение СРВ на 5,25 м/с по моторным волокнам.

Таким образом, исследование костно-мышечной системы у горнорабочих выявило высокую степень распространенности вертеброгенных заболеваний позвоночника, преимущественно пояснично-крестцового уровня (до 50 %), и дегенеративных заболеваний суставов (более 60 %), в формирование которых существенный вклад вносят неблагоприятные условия труда (физические перегрузки и повышенные уровни вибрации).

Определены биохимические, денситометрические и рентгенологические биомаркеры поражения опорно-двигательного аппарата у горнорабочих, выражающиеся в нарушениях обменных процессов костеобразования, в дегенеративно-дистрофических изменениях костной ткани.

Установлено, что формирование костно-мышечной патологии сопровождается нарушениями периферической нервной системы по демиелинизирующему, аксональному типу, дистальной гипестезией.

Полученные клинико-функциональные изменения костно-мышечной системы у работников промышленных предприятий необходимо учитывать при разработке медико-профилактических мероприятий, оценке эффективности лечения и последующей реабилитации.

Список литературы

1. Горблянский Ю.Ю. Социально-гигиенический мониторинг основных факторов риска хронических неинфекционных заболеваний у шахтеров // Социальная ответственность работодателя за здоровье работника: тезисы междунар. конф., посвящ. 80-летию со дня основания ГУ НИИ медицины труда РАМН. – М., 2003. – С. 28–29.

2. Пиктушанская И.Н., Косоротова Н.С., Булавина М.В. Скелетно-мышечные нарушения у работников угледобывающей отрасли // Скелетно-мышечные нарушения у рабочих ведущих отраслей промышленности: тезисы Российско-Американского семинара. – М., 2003. – С. 8–9.

3. Скелетно-мышечные нарушения у рабочих горнодобывающих предприятий в северных регионах / В.С. Рукавишников, В.Г. Колесов, С.Ф. Шаяхметов, В.А. Панков // Медицина труда и промышленная экология. –2004. – № 7. – С. 9–14.

Гигиеническая оценка радиационной безопасности рабочих мест при получении криптоно-ксеноновой смеси на примере предприятия ООО «Эр Ликид Северсталь»

М.Н. Кузнецов, С.А. Захаров

Территориальный отдел Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Вологодской области в г. Череповце, Череповецком, Шекснинском, Кадуйском, Устюженском, Чагодощенском, Бабаевском районах, г. Череповец, Россия

Проведено радиационно-гигиеническое обследование рабочих мест при получении обогащенной криптоно-ксеноновой смеси. В процессе получения криптоно-ксеноновой смеси из атмосферы происходит концентрирование инертного радиоактивного газа радон (^{222}Rn).

Доза облучения работников складывается из внешнего и внутреннего облучения. Гамма-излучение определяет внешнее облучение. Содержание радона в воздухе помещений

и пылерадиационный фактор определяют внутреннее облучение. Результаты измерений показали, что доза от природного облучения будет в основном определяться внешним гамма-излучением от оборудования.

Ключевые слова: Kr+Xe смеси, радон (^{222}Rn), внешнее и внутреннее облучение работников, индивидуальный дозиметрический контроль.

ООО «Эр Ликид Северсталь» – совместное предприятие Air Liquide и ведущей российской металлургической компании ПАО «Северсталь», созданное в 2005 г., успешно ввело в эксплуатацию установку по производству технических газов для Череповецкого металлургического комбината в Вологодской области. Производительная мощность установки составляет 2000 тонн в сутки газообразного кислорода. Помимо кислорода также производится азот, аргон и редкие газы (криптон и ксенон).

Получение обогащенной криптоно-ксеноновой смеси проводится на установке получения Kr+Xe-смеси, которая по трубопроводу поступает на станцию наполнения баллонов Kr+Xe-смесью. Технологический процесс основан на извлечении криптона и ксенона методом низкотемпературного разделения исходной смеси, содержащей значительное количество кислорода и малое количество криптона и ксенона. Исходная смесь подвергается двум последовательным процессам низкотемпературной дистилляции, за счет чего достигается необходимый состав конечного продукта.

Установка получения Kr+Xe-смеси состоит из блоков фильтрации жидкого кислорода (LOX), ректификации обедненной смеси Kr-Xe, конверсии углеводородов и производства обогащенной смеси Kr-Xe.

Согласно штатному расписанию основные профессии – это инженерно-технические работники и аппаратчики воздухоразделения. Контроль и управление технологическим процессом осуществляются с дистанционных пультов управления из операторной с помощью автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП). Постоянные рабочие места размещаются в операторной. Обслуживание установки получения Kr+Xe-смеси проводится периодически, наполнение баллонов Kr+Xe-смесью проводится два раза в неделю.

В процессе производства криптоно-ксеноновой смеси при дозиметрическом контроле оборудования и продукции в баллонах на территории предприятия были обнаружены места с повышенным фоном гамма-излучения.

По проведенным измерениям интенсивность гамма излучения от баллонов с продукцией составляла 7–10 мкЗв/ч (от свежезаполненных баллонов) и падала до фоновых значений (0, 15–0,22 мкЗв/ч) через 25–30 суток.

Сотрудниками лаборатории радиационного контроля были проведены спектрометрические исследования баллонов, наполненных криптоно-ксеноновой смесью и выявлено, что в полученном спектре хорошо видны характерные пики, принадлежащие радионуклидам свинец-214 (^{214}Pb), висмут-214 (^{214}Bi) (рис. 1). Эти радионуклиды являются дочерними радионуклидами в цепочке распада радона.

Радон (^{222}Rn) – радиоактивный тяжелый инертный газ, образующийся как продукт при распаде радия (^{226}Ra) (цепочка урана ^{238}U). Период полураспада радона 3,8 суток. При распаде радона образуются цепочки короткоживущих альфа- и бета-активных радионуклидов. Этот газ поступает в атмосферу в основном из почвы (пород слагающих земную кору). Схема распада представлена на рис. 2.

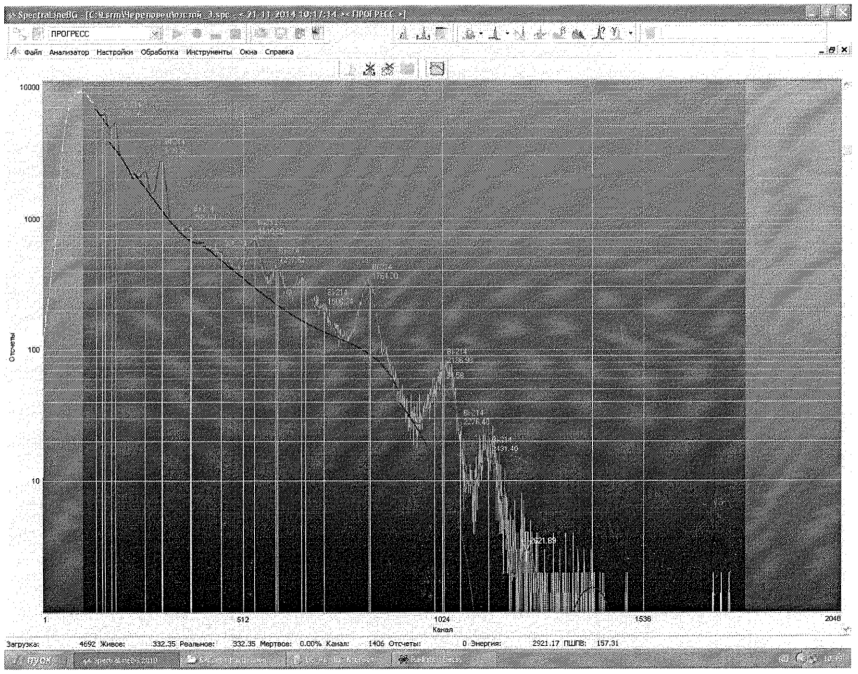


Рис. 1. Спектр, измеренный от наполненных баллонов криптоно-ксеноновой смесью

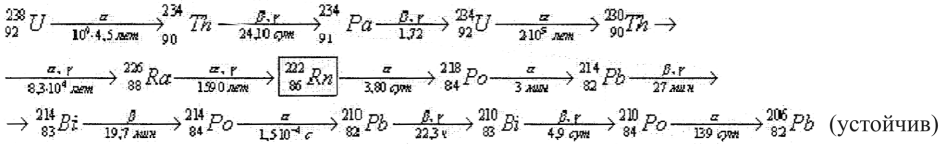


Рис. 2. Схема радиоактивных превращений семейства урана

В процессе получения криптоно-ксеноновой смеси из атмосферы происходит концентрирование и инертного радиоактивного газа радона (^{222}Rn).

Сам радон является чистым альфа-излучателем, но продукты его распада (свинец-214 (^{214}Pb), висмут-214 (^{214}Bi) – являются гамма- и бета-излучателями и могут создавать повышенный фон гамма-излучения.

В связи с тем что радон является природным радионуклидом, работы на данном производстве можно характеризовать, как работы с природными источниками излучения, и они регламентируются следующими нормативными документами [1–4]:

1) СанПиН 2.6.12523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)»;

2) федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения»;

3) санитарные правила и нормативы СП 2.6.12612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)»;

4) СанПиН 2.6.1.2800-10 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения».

Согласно п. 4.1. НРБ-99/2009, «эффективная доза облучения природными источниками излучения всех работников, включая персонал, не должна превышать 5 мЗв в год в производственных условиях (любые профессии и производства)». Доза облучения работников складывается из внешнего и внутреннего облучения. Гамма-излучение определяет внешнее облучение. Содержание радона в воздухе помещений и пылерадиационный фактор определяют внутреннее облучение.

Для предварительной дозовой нагрузки на работающих было проведено радиационное обследование при работающей установке получения kr+Xe-смеси и в режиме заполнения баллонов продуктом на станции наполнения баллонов kr+Xe-смесью.

При радиационном обследовании производства kr+Xe на этапе получения и этапе наполнения баллонов продукцией были проведены следующие измерения:

- ♦ измерение мощности дозы гамма-излучения от оборудования на рабочих местах и в местах возможного нахождения людей:
- ♦ измерения ЭРОА радона (эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов распада радона в воздухе рабочей зоны помещений);
- ♦ измерение снимаемого радиоактивного загрязнения с поверхности оборудования.

Результаты измерений показали, что содержание ЭРОА ДПР радона в воздухе рабочей зоны намного ниже, чем допустимые уровни (310 Бк/м^3). Пылерадиационный фактор на данном предприятии не присутствует. Снимаемого радиоактивного загрязнения оборудования не было обнаружено. Были обнаружены места, где мощность дозы гамма-излучения была выше фоновых значений.

Таким образом, доза от природного облучения будет в основном определяться внешним гамма-излучением от оборудования. При нахождении в местах с повышенным гамма-фоном персонал предприятия может получить дополнительную дозу облучения. Максимальная измеренная мощность дозы гамма-излучения была обнаружена на поверхности заполняемых баллонов.

Согласно данным проведенных исследований, наибольшее время с наполняемыми баллонами контактирует аппаратчик. При анализе времени и мест работы аппаратчика предварительная расчетная доза за смену может составить 26 мкЗв. С учетом, что баллоны наполняются два раза в неделю, доза за год может составить 2,7 мЗв, что соответствует требованиям п. 4.1. НРБ-99/2009.

В зависимости от изменений в технологии наполнения баллонов от времени года (согласно измерениям, проводимым сотрудниками предприятия) мощность дозы гамма-излучения от баллонов может меняться как в большую, так и в меньшую стороны. По результатам проведенной работы разработана и внедрена система профилактических мероприятий по предупреждению и снижению риска нарушений здоровья работающих.

Для того чтобы более точно определить дозу от внешнего гамма-излучения, полученную работниками, было предложено провести индивидуальный дозиметрический контроль персонала в течение года с ежеквартальным измерением накопленной дозы. На основании таких измерений был сделан вывод о полученной годовой дозе работающих, которая не превышала 1,8 мкЗв в год, т.е. проведение индивидуальной дозиметрии персонала не требуется. Для контроля радиационной обстановки и контроля выпускаемой продукции была разработана программа производственного контроля, в которой указаны точки контроля и периодичность контроля.

В местах наполнения и хранения баллонов с криптоно-ксеноновой смесью обозначена зона безопасности, за которую работникам, не проводящим операции с баллонами, заходить запрещено.

Список литературы

1. О радиационной безопасности населения: Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/9015351 (дата обращения: 07.09.2020).

2. СанПиН 2.6.12523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/902170553 (дата обращения: 07.09.2020).

3. СанПиН 2.6.1.2800-10. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/902256355 (дата обращения: 07.09.2020).

4. СП 2.6.12612-10. Санитарные правила и нормативы «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/902214068 (дата обращения: 07.09.2020).

Степень развития синдрома профессионального выгорания сотрудников ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» в зависимости от характера профессиональной деятельности

И.Г. Ненахов[1,2], Ю.И. Стёпкин[1,2]

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

Профессиональное выгорание – одна из современных проблем общества, что особенно актуально среди медицинского персонала. Работа посвящена изучению уровня развития профессионального выгорания среди специалистов испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».

Оценена степень развития профессионального выгорания сотрудников испытательного лабораторного центра. Применялись методы: общенаучный, аналитический, метод анкетирования.

Организация труда существенно влияет на развитие профессионального выгорания. Различия в выраженности напряженности нервных и психических функций наблюдаются у сотрудников лабораторий санитарно-гигиенического профиля деятельности и эпидемиологического. У сотрудников первой группы большее число персонала отмечает уже сформированные симптомы профессионального выгорания, тогда как сотрудников второй группы, в фазе резистенции, больше в полтора раза по сравнению с группой санитарно-эпидемиологического профиля работы.

На основании полученных данных разработаны предложения по профилактике профессионального выгорания.

Ключевые слова: профессиональное выгорание, эмоциональное выгорание, улучшение условий труда, испытательные лабораторные центры.

Стресс – это реакция организма на воздействие окружающих факторов. Он может быть вызван огромным количеством причин, но одной из ведущих, помимо личностных переживаний, является стресс, сформировавшийся в результате профессиональной деятельности. Постоянное влияние стрессовых ситуаций приводит не только к снижению работоспособности и формированию ошибок, вызванных человеческим фактором, но и к развитию заболеваний, в том числе к профессиональному выгоранию [5].

Медицинские работники – одни из самых подверженных стрессовым воздействиям профессиональных групп [1]. Исключения не составляют и работники профилактических учреждений, например ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» [4]. В представленной работе проведена оценка устойчивости к стрессу сотрудников испытательного лабораторного центра, являющегося лабораторным звеном Роспотребнадзора. Оценка произведена исходя из характера профессиональной деятельности, и на основании всех полученных данных нами разработаны рекомендации по профилактике эмоционального выгорания и стресса на рабочих местах.

Цель исследования – оценить степень развития профессионального выгорания сотрудников испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» в зависимости от характера профессиональной деятельности.

Материалы и методы. В научном исследовании мы использовали методику «Диагностика эмоционального выгорания личности», разработанную В.В. Бойко и входящую в практикум по диагностике стресса [2]. Выбранная нами методика была направлена на выявление лиц с напряжением нервной системы в результате профессионального выгорания. Предлагаемая методика позволяла определить степень развития стресса и эмоционального выгорания. Градация обосновывалась тремя фазами: 1) напряжение; 2) резистенция; 3) истощение.

Фаза «напряжения» характеризует напряжение нервной системы в результате влияния ряда факторов: переживание психотравмирующих обстоятельств, ощущение неудовлетворенности собой, чувство «загнанности в клетку», тревога и депрессия. Вторая фаза носит название «Резистенция» и включает в себя поведенческие аспекты человека: неадекватное избирательное эмоциональное реагирование, эмоционально-нравственная дезориентация, экономия эмоциональных ресурсов, редукция (упрощение) профессиональных обязанностей. На заключительной фазе «Истощение» наблюдается дефицит эмоций, эмоциональная отстраненность, личностная отстраненность, психосоматические и психовегетативные нарушения.

Исследование проводилось на 57 сотрудниках ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области». Тестирование охватывало сотрудников лабораторий санитарно-гигиенического профиля и эпидемиологического профессионального профиля.

Результаты. К сотрудникам лабораторий санитарно-гигиенического профиля были отнесены: сотрудники лаборатории гигиены питания (ГП), контроля воздушной среды (ВС), коммунальной гигиены (КГ), радиологической лаборатории (РЛ) и лаборатории профилактической токсикологии (ПТ). К лабораториям эпидемиологического профиля отнесены: паразитологическая лаборатория (ПЛ), вирусологическая лаборатория (ВЛ), лаборатория особо опасных инфекций (ООИ) и бактериологическая лаборатория (БЛ). Также были протестированы сотрудники отдела приема и кодирования образцов. Всего приняли участие в исследовании 57 человек.

Оценивая фазу «напряжения» среди сотрудников лабораторий санитарно-гигиенического профиля, мы определили, что сложившийся симптом «переживания психотравмирующих обстоятельств» наблюдается у 7 сотрудников лабораторий (20 %). Данный симптом характеризует постепенное накапливание раздражения и чувства невозможности решить сложившуюся профессиональную проблему. При этом складывающийся симптом отмечается у 5 сотрудников лабораторий санитарно-гигиенического профиля (14 %). Среди специалистов эпидемиологического профиля сформировавшийся синдром наблюдается только у 2 сотрудников (9 %), а складывающийся – у одного (4,5 %).

Вторым важным критерием фазы «напряжения» является симптом «неудовлетворенности собой», который является следствием неудач или неспособности повлиять на психотравмирующие обстоятельства и действием «эмоционального переноса» проблем самого человека. Полностью сложившийся симптом «неудовлетворенности собой» наблюдается у 2 сотрудников санитарно-гигиенического профиля (6 %), а складывающийся – у 5 (14 %). Тогда как среди специалистов эпидемиологического профиля лиц с сформировавшимся симптомом «неудовлетворенности собой» не наблюдается, а складывающийся симптом присутствует у 2 сотрудников (9 %).

Практически равнозначная картина наблюдается у сотрудников как санитарно-гигиенического, так и эпидемиологического профиля по ощущениям «загнанности в клетку». Сложившийся симптом с обеих групп отмечают по 2 человека (6 и 9 % соответственно). А складывающийся симптом «загнанности в клетку» отмечают 3 сотрудников санитарно-гигиенического профиля (8,5 %) и один сотрудник эпидемиологического профиля (4,5 %). Симптом «загнанности в клетку» характеризуется чувством невозможности решить сложившиеся профессиональные проблемы; сотрудник не может найти выход из профессиональной ситуации.

Сложившийся симптом «тревоги и депрессии» среди специалистов санитарно-гигиенического профиля присутствует у 4 человек (11 %), а складывающийся у 3 сотрудников (8,5 %). Сложившийся симптом «тревоги и депрессии» среди сотрудников эпидемиологического профиля не наблюдается, а складывающийся определяется у 3 специалистов (14 %). Симптом «тревоги и депрессии» формируется в связи с работой в условиях, характеризующихся повышенной сложностью, а также факторами, которые оказывают влияние на мнение человека о своей личности: чувство неудовлетворенности собой, постоянное ощущение усталости.

Далее оценивалась фаза сопротивления, которая характеризуется появлением тревожных расстройств. Данная фаза также включает в себя комплекс симптомов, составляющих три подгруппы фазы сопротивления.

У работающих в лаборатории проявляется симптом «неадекватного избирательного эмоционального реагирования». Данный сложившийся симптом наблюдается у 7 сотрудников санитарно-гигиенического профиля (20 %) и у 7 сотрудников эпидемиологического профиля (32 %). Складывающийся симптом также регистрируется у 19 специалистов санитарно-гигиенического профиля (54 %) и у 6 сотрудников эпидемиологического профиля (27 %).

Сложившийся симптом «эмоционально-нравственной дезориентации» наблюдается у 14 сотрудников санитарно-гигиенического профиля (40 %) и у 5 сотрудников эпидемиологического профиля (23 %). Складывающийся симптом определяется у 9 специалистов санитарно-гигиенического профиля (26 %) и у 7 сотрудников эпидемиологического профиля (32 %). Этот симптом характеризует ухудшение взаимодействия с коллегами по работе, часто сотрудник ищет оправдание своим профессиональным ошибкам. Симптом «расширения сферы экономии эмоций» характеризуется деструктивными отношениями в семье, которые формируются из-за проблем в профессиональной деятельности. Оценивая симптом «расширения сферы экономии эмоций» у сотрудников санитарно-гигиенического профиля, мы выявили, что сложившийся симптом наблюдается у одного специалиста (3 %), а складывающийся – у 9 (26 %). У сотрудников эпидемиологического профиля сложившийся симптом – у 4 человек (18 %), а складывающийся – у 2 (9 %).

Симптом «редукции профессиональных обязанностей» характеризуется попыткой избегать профессиональные обязанности, где необходима эмоциональная реакция при взаимодействии с другим человеком. Сложившийся симптом определяется у 5 сотрудников санитарно-гигиенического профиля (14 %) и у 8 сотрудников эпидемиологического профиля (36 %).

Фаза истощения. Данная фаза развития профессионального выгорания характеризуется упадком сил, истощением сил организма. Также включает в себя 4 симптоматические подгруппы:

1. Симптом «эмоционального дефицита». Данный симптом профессионального выгорания характеризуется снижением эмоций при выполнении профессиональных задач, которые ранее вызывали у человека «большой отклик». Сложившийся «эмоциональный дефицит» наблюдается у 4 сотрудников санитарно-гигиенического профиля (11 %) и у 2 сотрудников эпидемиологического профиля (9 %). Складывающийся симптом – у 7 сотрудников санитарно-гигиенического профиля (20 %) и у 3 сотрудников эпидемиологического профиля (14 %).

2. Симптом «эмоциональной отстраненности». Сотрудник эмоционально не реагирует на сложившиеся профессиональные отношения и любые события на работе не вызывают реакции. Данный сложившийся симптом наблюдается у 5 сотрудников санитарно-гигиенического профиля (14 %) и у одного специалиста эпидемиологического профиля (4,5 %). Складывающийся симптом – у 10 специалистов санитарно-гигиенического профиля (29 %) и у 6 специалистов эпидемиологического профиля (27 %).

3. Симптом «личностной отстраненности, или деперсонализации». Отличие от предыдущего симптома в том, что сотрудник перестает воспринимать коллег по работе или людей, с которыми ведется профессиональная деятельность, как «жи-

вых» людей, и работает с ними «на автомате». Сложившийся симптом наблюдается у одного специалиста санитарно-гигиенического профиля (3 %) и у 2 специалистов эпидемиологического профиля (9 %). Складывающийся симптом зарегистрирован у 4 сотрудников санитарно-гигиенического профиля (11 %) и у 5 сотрудников эпидемиологического профиля (23 %).

4. Симптом «психосоматических и психовегетативных нарушений». Характеризуется развитием психосоматических заболеваний, способных «перетечь» в хронические заболевания. Сложившийся симптом «психосоматических и психовегетативных нарушений» наблюдается у одного сотрудника эпидемиологического профиля (4,5 %) и не наблюдается у специалистов санитарно-гигиенического профиля. Складывающийся симптом – у 6 сотрудников санитарно-гигиенического профиля (17 %) и у 3 сотрудников эпидемиологического профиля (14 %).

При комплексной оценке профессионального выгорания с учетом всех стадий его развития можно сделать вывод, что организация труда существенно влияет на развитие профессионального выгорания. Например, различия в выраженности напряженности нервных и психических функций наблюдаются у сотрудников лабораторий санитарно-гигиенического профиля деятельности и эпидемиологического. У сотрудников первой группы большее число персонала в сравнении с эпидгруппой отмечает уже сформированные симптомы профессионального выгорания, тогда как сотрудников второй группы в фазе резистенции больше в полтора раза по сравнению с группой санитарно-эпидемиологического профиля работы. Данная ситуация объясняется разницей в работе лабораторий санитарно-гигиенического профиля: здесь есть как сотрудники, полностью осуществляющие рабочую деятельность на одном месте (у них более выражены симптомы утомляемости и сниженного эмоционального реагирования), так и сотрудники, выезжающие на замеры в городе и области (у них больше развита усталость от людей, раздражение и эмоциональная отстраненность). Этим объясняется разброс по всем стадиям формирования профессионального выгорания. В эпидемиологическом профиле отмечается «концентрация» наибольшего количества сотрудников, подверженных стрессу во второй стадии формирования профессионального выгорания, и без осуществления профилактических мероприятий возможен быстрый переход в последнюю стадию развития профессионального выгорания – фазу истощения.

Выводы. Для профилактики профессионального выгорания необходимо:

1. Обеспечить сотрудникам возможность смены деятельности во время рабочего дня.

2. Улучшать условия труда на рабочих местах.

3. Внести положения о профилактике профессионального выгорания (в том числе и тестировании сотрудников на наличие сформированных симптомов эмоционального выгорания) в инструкции по охране труда [4].

4. Ввести должность психолога.

5. Рассмотреть возможность введение дополнительного перерыва во время осуществления профессиональной деятельности.

Список литературы

1. Березенцева Е.А. Профессиональный стресс как источник профессионального выгорания [Электронный ресурс] // Управление образованием: теория и практика. – 2014. – № 4 (16). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/professionalnyy-stress-kak-istochnik-professionalnogo-vygoraniya (дата обращения: 25.07.2020).

2. Бойко В.В. Психология и менеджмент в стоматологии. – Т. 1: Клиника «под ключ». – СПб., 2009. – 1008 с.

3. Ненахов И.Г. Охрана труда в организации. разработка и внедрение инструкций по охране труда с учетом гигиенических подходов и рисков для здоровья человека // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: материалы всерос. науч.-практ. интернет-конф. молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с междунар. участием / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2019. – С. 370–376.

4. Ненахов И.Г. Прогнозирование развития профессионального выгорания у специалистов лабораторного профиля // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. – 2018. – № 73. – С. 121–124.

5. Эмоциональное выгорание у медицинских работников как предпосылка астенизации и психосоматической патологии [Электронный ресурс] / А.В. Балахонов, В.Г. Белов, Е.Д. Пятибрат [и др.] // Вестник СПбГУ. Серия 11: Медицина. – 2009. – № 3. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/emotsionalnoe-vygoranie-u-meditsinskih-rabotnikov-kak-predposylka-astenizatsii-i-psihosomaticheskoy-patologii (дата обращения: 21.08.2020).

Факторы риска развития болезней сердечно-сосудистой системы у работников нефтехимического производства

А.И. Маликова, Р.Ф Сагадиева, Н.Р. Газизова

ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
г. Уфа, Россия

Изложены результаты обследования болезней систем кровообращения (БСК) 62 работников нефтехимического производства, включающего осмотр врача-кардиолога, изучение липидного и углеводного спектров, эхокардиографию, холтеровское мониторирование ЭКГ, суточное мониторирование артериального давления, ультразвуковое допплеровское сканирование брахиоцефальных артерий головного мозга, также было проведено анкетирование с целью оценки личного самочувствия по предъявляемым жалобам и выявления немодифицированных и модифицированных факторов кардиоваскулярного риска. Среди обследуемых работников была выявлена высокая распространенность болезней сердечно-сосудистой системы; атеросклеротические изменения экстракраниальных сосудов головного мозга – 72,6 %, нарушение сердечного ритма – 62,9 %, гипертрофия миокарда левого желудочка – 50 %, что предопределило необходимость разработки комплекса мероприятий, направленных на предупреждение причин развития и прогрессирования болезней системы кровообращения.

Ключевые слова: нефтехимическое производство, болезни системы кровообращения, факторы риска, профилактика.

В большинстве стран мира сердечно-сосудистые заболевания на протяжении многих лет являются основной причиной смертности населения. Согласно многочисленным научным исследованиям, на развитие и прогрессирование болезней системы кровообращения влияют генетические, соматические, социально-экономические факторы, а также вредные факторы производственной среды: физические (вибрация, шум), химические, эргономические, напряженность трудового процесса [2, 3].

К ведущей отрасли экономики России относится нефтехимическая промышленность, включающая производства синтетических каучуков и пластиков (полистирол, полипропилен, полиэтилен и АБС-пластик). Вредные производственные факторы в условиях нефтехимических производств могут стать причиной развития профессиональных заболеваний, а также формирования и прогрессирования хронических неинфекционных заболеваний, в том числе БСК [1, 4].

Как известно, снижению смертности от БСК способствует ранняя диагностика заболеваний с формированием групп высокого риска развития ССЗ, своевременное лечение, достижение эффективного контроля артериальной гипертензии (АГ), оптимальной массы тела и минимизации других факторов р'иска [6].

В связи с вышесказанным актуальной, на наш взгляд, является оценка влияния производственных и непроизводственных факторов риска на развитие БСК у работников нефтехимической промышленности для разработки результативных профилактических мероприятий, направленных на снижение кардиоваскулярного риска [3, 5].

Цель исследования – изучение факторов риска развития ССЗ у работников нефтехимических производств по данным углубленного медицинского осмотра для разработки профилактических мероприятий.

Материалы и методы. В клинике института проведено обследование 62 работников нефтехимических производств (аппаратчики, машинисты, операторы, слесари-ремонтники) с применением современных гигиенических, клинико-лабораторных, функциональных и статистических методов исследования.

Гигиеническая оценка условий труда осуществлена в зависимости от фактического значения производственных факторов согласно руководству Р 2.2.2006-05.

Состояние здоровья работников изучено в рамках периодического и углубленного медицинского осмотра. Обследование включало в себя измерение артериального давления, антропометрию, опрос по стандартной анкете для оценки личного самочувствия по предъявляемым жалобам и выявления немодифицированных и модифицированных факторов кардиоваскулярного риска. Из инструментальных и лабораторных методов проведены электрокардиография (ЭКГ, аппарат FUKUDA-7202FX), эхокардиография (ЭхоКГ, Aplio Artida, TOSHIBA), холтеровское мониторирование ЭКГ (ХМЭКГ, FUKUDA-7202FX), суточное мониторирование артериального давления (СМАД, BPLab), ультразвуковое допплеровское сканирован'ие сосудов головного мозга (УДС МАГ, Aplio Artida, TOSHIBA), анализ липидного и углеводного спектров (Vitros 355). Все работники осмотрены врачом-кардиологом.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью прикладных пакетов статистических программ Statistica.

Результаты. Проведенными гигиеническими исследованиями установлено, что для работников нефтехимических предприятий вредными производственными факторами являлись производственный шум (класс условий труда 3.1), тяжесть и напряженность труда (класс условий труда 3.2), общая оценка условий труда 3.2.

В рамках периодического медицинского осмотра осмотрены 450 работников нефтехимических производств, преимущественно мужчины (средний возраст

52,0 ± 6,0 г.), из которых для дообследования в клинику ФБУН УфНИИ МТ и ЭЧ были направлены 62 человека (13,8 %) с предварительным диагнозом заболеваний сердечно-сосудистой системы.

По результатам проведенного анкетирования в условиях стационара выявлен низкий двигательный режим обследованных работников (занимаются физической культурой 51,6 %).

Анализ вредных привычек обнаружил высокую распространенность табакокурения среди работников (32,3 %), при этом третья часть из числа курящих выкуривала более одной пачки в день.

Наследственная отягощенность по АГ выявлена у 48,4 % обследуемых.

Установлено, что доля работников с избыточной массой тела (ИМТ > 25) и абдоминальным ожирением составила 53,2 %.

Гиперхолестеринемия в крови выявлена у 56,4 % работников; гипергликемия натощак – у 24,1 %, из которых у 11,2 % диагностировано нарушение толерантности к глюкозе и у 12,9 % – сахарный диабет.

Анализ показателей ЭКГ в 50 % случаев выявил гипертрофию миокарда левого желудочка (ГЛЖ), в 3,2 % – рубцовые изменения переднеперегородочной стенки левого желудочка, в 14,5 % – нарушение ритма сердца, в том числе в 6,4 % случаев – экстрасистолию и в 8,6 % – синусовую тахикардию.

Проведение ЭхоКГ подтвердило наличие признаков ГЛЖ у 50 % и позволило выявить пролапс митрального клапана у 8,1 % работников.

По результатам ХМЭКГ зафиксированы следующие нарушения ритма сердца: наджелудочковая экстрасистолия у 62,9 %, желудочковая экстрасистолия – у 7,0 % и депрессия сегмента ST – у 3,2 % обследуемых.

При анализе СМАД, выполненного на фоне приема гипотензивных препаратов, у третьей части (33,9 %) работников сохранялись повышенные цифры АД. Максимальное значение систолического АД зарегистрировано до 180 мм рт. ст., минимальное – 112 мм рт. ст., среднее значение САД составило 146 мм рт. ст.

По результатам УДС МАГ выявлены атеросклеротические изменения интракраниальных артерий головного мозга у 72,6 % обследуемых, из них у 11,2 % – с признаками стенозирования.

Таким образом, по результатам стационарного обследования работников нефтехимического производства наиболее распространенной нозологической формой ССЗ явилась гипертоническая болезнь, выявленная в 98,4 % случаев. При этом гипотензивные препараты принимали чуть больше половины работников (51,6 %) и только третья часть (32 %) регулярно. Ишемическая болезнь сердца диагностирована у 16,1 %, цереброваскулярные заболевания – у 51,6 %. Среди других хронических неинфекционных заболеваний у 4,8 % работников выявлены заболевания желудочно-кишечного тракта (хронический гастрит, язвенная болезнь двенадцатиперстной кишки, желудка), у 8,1 % – мочекаменная болезнь и у 12,9 % – сахарный диабет.

На основании проведенных нами исследований разработаны профилактические мероприятия на всех этапах медицинского обслуживания.

Выводы. Таким образом, установлено, что ведущими факторами риска среди работников нефтехимического производства явились низкая двигательная активность (51,6 %), гиперхолестеринемия (56,4 %), избыточная масса тела и ожирение (53,2 %) и табакокурение (32,2 %). Наиболее распространенная нозологическая форма ССЗ – артериальная гипертензия (98,4 %).

На основании проведенных исследований разработан комплекс мероприятий, направленных на предупреждение причин развития и прогрессирования БСК. Разработка и реализация программ профилактики ССЗ среди работников нефтехимической отрасли способствует сохранению и укреплению их здоровья.

Список литературы

1. Афанасьев А.М. Нефтехимический комплекс: методы оценки и обеспечения устойчивости функционирования. – М.: Экономика, 2016 – 384 с.

2. Бойцов С.А., Проваторов С.И. Сердечно-сосудистые заболевания в Российской Федерации: Основные составляющие смертности и направления профилактики // Вестник Росздравнадзора. – 2018. – № 5. – С. 12–18.

3. Бойцов С.А., Шальнова С.А., Деев А.Д. Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации и возможные механизмы ее изменения // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2018. – Т. 118, № 8. – С. 98–103.

4. Бухтияров И.В., Кузьмина Л.П., Пфаф В.Ф. Актуальные проблемы профилактики производственно обусловленной патологии // Актуальные проблемы медицины труда: сборник трудов института. – Саратов, 2018. – С. 26–36.

5. Кардиология: национальное руководство / под ред. Е.В. Шляхто. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 800 с.

6. Оганов Р.Г., Масленникова Г.Я. Достижения и неудачи в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2014. – Т. 13, № 1. – С. 4–7.

Когнитивная дисфункция у работников агропромышленного комплекса Республики Башкортостан

Д.М. Вагапова

ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
г. Уфа, Россия

Выявлена тенденция снижения точности и скорости процессов запоминания у обследованных, что указывает на ухудшение показателей продуктивности познавательных процессов, замедление темпа когнитивных функций и способности к длительной концентрации внимания. Нарушения в большей степени затрагивают механизмы кратковременной памяти. Комплекс вредных производственных факторов на рабочих местах трактористов может оказывать негативное влияние на деятельность центральной нервной системы, в частности – головного мозга, что приводит к появлению у них когнитивных нарушений.

Ключевые слова: работники агропромышленного комплекса, когнитивная дисфункция.

В последние годы особую актуальность приобретает проблема дементных расстройств, то есть нарушений высших мозговых функций, которые могут возни-

кать не только в пожилом, но и в молодом и среднем возрасте. Многие виды хронических заболеваний способствуют формированию когнитивных нарушений, включая артериальную гипертензию, инсульты и другую сердечно-сосудистую патологию. Одной из причин прогрессирования когнитивных нарушений у пациентов является гипоксия головного мозга, связанная со снижением перфузии в различных его областях (фронтальная, лобная, теменная, височная), приводящая к диффузным изменениям белого вещества (лейкоареоз) [3]. Однако вопросы когнитивных нарушений, связанных с профессиональной деятельностью, изучены недостаточно.

Республика Башкортостан занимает одно из ведущих мест по уровню развития сельского хозяйства. В агропромышленном комплексе Республики Башкортостан трудятся около 300 тыс. человек, их них мужчин – 210 тыс., женщин – 90 тыс. [4]. Одной из основных и востребованных профессий отрасли являются трактористы.

При работе на сельскохозяйственной технике трактористы-машинисты подвергаются целому ряду профессиональных рисков для здоровья. Это повышенные уровни шума и вибрации, пыль (органическая и минеральная), выхлопные газы, микроклиматический дискомфорт в кабинах, физические и эмоциональные перегрузки [1]. По данным проведенных исследований выявлен шум широкополосный с превышением ПДУ на 1–17 дБ. Превышение уровней общей вибрации на тракторах старых моделей (ДТ-75, МТЗ-70, МТЗ-80, Т-4А) составляет от 1 до 4 дБ. С учетом комплекса гигиенических факторов производственной среды и трудового процесса условия труда на мобильной сельскохозяйственной технике, согласно руководству Р 2.2.2006-05, оцениваются как вредные 1, 2, 3-й степени вредности (классы 3.1–3.3) [5].

Воздействие вредных факторов условий труда может приводить к функциональным нарушениям в деятельности отдельных органов и систем организма механизаторов, снижению адаптационных возможностей и развитию преморбидных и патологических изменений, способствующих появлению различных заболеваний.

В числе многообразных проявлений неблагоприятного воздействия шума в сочетании с вибрацией на организм человека выделяют симптомокомплекс, сопровождающийся изменением функционального состояния центральной нервной системы, лимбической области и вегетативных функций [2]. В результате развивающаяся гипоперфузия головного мозга приводит к поражению вещества мозга и способствует формированию нарушений высших корковых функций. В структуре когнитивных расстройств ведущее место занимает нарушение управляющих (лобных) функций, состоящее из трех составляющих:

1. Целеполагание – способность произвольно выбирать и ставить перед собой цель деятельности.

2. Устойчивость внимания – способность построить свою познавательную деятельность в соответствии с поставленной целью.

3. Переключаемость – способность в изменившихся условиях менять парадигму деятельности, переходить от уже достигнутой цели к новой [6].

Цель работы – выявить нарушения когнитивных функций у трактористов агропромышленного комплекса Республики Башкортостан.

Материалы и методы. В соответствии с поставленной целью проводилось изучение состояния здоровья 48 трактористов (основная, или первая группа), проходивших обследование в консультативно-поликлиническом отделении клиники ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека». Все пациенты были мужского пола, трудоспособного возраста (от 28 до 60 лет).

Средний возраст на момент обследования составил 50,5 ± 6,2 г., средний стаж работы в профессии – 17,4 ± 5,4 г. Лиц моложе 39 лет – 10,4 %, от 40 до 49 лет – 22,9 %, от 50 до 60 лет – 66,7 %. Контрольную (вторую) группу составили 48 мужчин, не работавших на сельхозтехнике. Основная и контрольная группы были сопоставимы по возрасту и стажу.

Клиническое обследование пациентов включало оценку неврологического статуса и когнитивных функций. При этом использовались: краткая шкала оценки психического статуса (Mini-Mental State Examination – MMSE), тест рисования часов, тест «10 слов» по Луриа и тест литеральных ассоциаций, где пациенту предлагалось за минуту назвать как можно больше слов на букву «С» – имен существительных.

Статистическая обработка результатов проведена с помощью электронных таблиц Microsoft и программы Statistica 6.

Результаты. Обследованные первой группы предъявляли жалобы на головные боли в 62,5 % случаев, головокружение – в 20,8 %, нарушения сна – в 58,3 %, снижение памяти – в 66,6 %, работоспособности – в 20,8 %.

При клиническом обследовании в неврологическом статусе выявлено: недостаточность конвергенции – в 54,1 %, склеральное кольцо роговицы – в 16,7 %, сглаженность носогубной складки – в 45,8 %, оживление аксиальных рефлексов – в 31,3 %, вестибулярно-мозжечковая дисфункция – в 35,4 % случаев. Расстройство вегетативной регуляции обнаружено в 54,2 % случаев, из них акроцианоз – в 22,9 %, акрогипергидроз – в 31,3 %.

При исследовании когнитивных функций с помощью шкалы MMSE показатели, определяющие отсутствие деменции, составляют 28–30 баллов. Обследованные из основной группы показали результат чуть ниже (27,05 ± 2,17 балла), чем контрольная группа (27,88 ± 2,12). Показатели обеих групп относятся к преддементным когнитивным нарушениям (24–27 баллов). Нужно отметить факт, что чувствительность шкалы MMSE при легких формах деменции низкая, и значимые изменения появляются при выраженных нарушениях когнитивных функций.

С тестом рисования часов основная группа справилась хуже (средний балл 7,83 ± 0,91 балла), чем контрольная (8,56 ± 0,89). Так, циферблат, цифры и стрелки располагали верно (9–10 баллов) в 75,0 % случаев пациенты первой группы и в 79,2 % случаев – второй. Более заметные ошибки в расположении стрелок (8 баллов) выявлены в 10,4 % случаев в основной группе и в 12,5 % в контрольной. Стрелки показывают неправильное время (7 баллов) у 14,6 % в первой группе и у 8,3 % – во второй.

Пациенты основной группы называли меньшее количество слов в тесте на литеральные ассоциации (слова на букву «С») – 11,3 ± 2,04 слов (баллов), в контрольной группе – 11,8 ± 2,06. Наиболее частый результат – 15 слов за одну минуту. В первой группе этот показатель был у 70,8 %, во второй у 77,0 % пациентов. В основной группе максимальный результат составил 18 слов, в группе контроля 22 слова за минуту.

За тест из 10 слов по Луриа основная группа набрала 6,19 ± 1,43, контрольная – 7,59 ± 1,44 баллов (таблица).

Таким образом, выявленная тенденция снижения точности и скорости процессов запоминания у обследованных в основной группе указывает на ухудшение показателей продуктивности познавательных процессов, замедление темпа когни-

тивных функций и способности к длительной концентрации внимания. Любая интеллектуальная работа требует больше времени и усилий у пациентов и вызывает быструю утомляемость. Полученные данные свидетельствуют о нарушениях, в большей степени затрагивающих механизмы кратковременной памяти.

Когнитивные функции у трактористов агропромышленного комплекса

Показатель	Основная группа, $n = 48$	Контрольная группа, $n = 48$	Норма
MMSE, баллы	27,05 ± 2,17	27,88 ± 2,12	28–30
Тест рисования часов, баллы	7,83 ± 0,91	8,56 ± 0,89	9–10
Тест литеральных ассоциаций, слова на букву «С», слова = баллы	11,3 ± 2,04	11,8 ± 2,06	Более 10
Тест из 10 слов по Луриа, баллы	6,18 ± 1,43	7,59 ± 1,44	9–10 слов после 3-го повторения

Выводы:

1. Комплекс вредных производственных факторов на рабочих местах трактористов может оказывать негативное влияние на деятельность центральной нервной системы, в частности – головного мозга, что приводит к появлению у них когнитивных нарушений.

2. Корковые нарушения в большей степени затрагивают механизмы кратковременной памяти, что подтверждается тестами литеральных ассоциаций и запоминанию слов по Луриа.

3. Необходима разработка системы мер первичной и вторичной профилактики заболеваний, направленных на уменьшение действия неблагоприятных условий труда у трактористов сельскохозяйственного производства и оздоровление.

Список литературы

1. Вагапова Д.М., Бакиров А.Б. Условия формирования и варианты течения основных клинических синдромов профессиональной вертеброгенной пояснично – крестцовой патологии у трактористов // Здоровье населения и среда обитания. – 2017. – № 1. – С. 20–22.

2. Вахнина Н.В. Когнитивные нарушения при артериальной гипертензии // Медицинский совет. – 2015. – № 5. – С. 34–39.

3. Возможности терапии когнитивных нарушений у пациентов с метаболическим синдромом / И.Б. Зуева, Д.С. Кривоносов, А.В. Буч [и др.] // Лечение нервных и психических заболеваний. – 2018. – № 5 (118). – С. 18–22.

4. Состояние условий труда и профессиональные риски здоровью работников тепличного хозяйства: информ.-метод. письмо / М.К. Гайнуллина, В.О. Красовский, А.Р. Галиуллин [и др.]. – Уфа, 2016.

5. Условия труда как факторы профессионального риска функциональных нарушений у механизаторов сельского хозяйства / Т.А. Новикова, С.С. Райкин, Е.С. Буянов [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 2. – С. 48–53.

6. Церебральные гемодинамические нарушения у работников «шумовых» профессий, занятых добычей полезных ископаемых / А.Д. Волгарева, Э.Р. Шайхлисламова, М.П. Обухова [и др.] // Санитарный врач. – 2018. – № 11. – С. 43–49.

Особенности иммунного статуса женщин с патологией репродуктивной системы в условиях экспозиции ароматическими углеводородами на текстильном производстве

О.А. Казакова, О.В. Долгих

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

Исследованы особенности иммунного статуса 55 женщин фертильного возраста, подверженных производственной экспозиции ароматическими углеводородами, имеющих в анамнезе заболевания репродуктивной системы, ассоциированные с невынашиванием беременности и различным уровнем контаминации крови ароматическими углеводородами (бензол, толуол, о-, м-, п-ксилол). Установлены значимые различия между исследуемыми группами по уровню гиперпродукции пула общих антител класса IgA на 12 %, а также повышение уровня экспрессии ракового антигена CA-19-9 в 1,9 раза относительно группы сравнения. Система идентифицированных маркеров достоверно отличает контингент экспонированных ароматическими углеводородами женщин с ранними репродуктивными нарушениями и рекомендуется к использованию в качестве дополнительных тестов в диагностике невынашивания беременности и предотвращения нанесения вреда здоровью работающих женщин фертильного возраста.

Ключевые слова: ароматические углеводороды, иммуноглобулин А, раковый антиген 19-9.

Ароматические углеводороды характеризуются низкой селективностью оказываемых эффектов на организм, что ведет к затруднению в части определения нарушений в здоровье людей, особенно на ранних этапах. Установление биомолекулярных и клеточных изменений в условиях воздействия ароматических углеводородов может позволить выявить маркеры предпатологических состояний и предотвратить развитие нарушений здоровья [1, 2].

Актуальным является изучение иммунологических биомаркеров для выбора высокоспецифичных и чувствительных тестов с целью ранней диагностики и профилактики репродуктивных патологий [3], ведущих к потере беременности в условиях хронического аэрогенного воздействия ароматическими углеводородами.

Цель исследования – анализ особенностей иммунного статуса женщин с патологией репродуктивной системы в условиях экспозиции ароматическими углеводородами на текстильном производстве

Материалы и методы. Обследованы 45 работниц текстильной компании, репродуктивного возраста, в анамнезе которых отмечается наличие репродуктивных нарушений, ведущих к невынашиванию беременности (эндометриоз матки, лейомиома матки, нарушение менструального цикла – гормонозависимые патологии).

Группу наблюдения составили 23 женщины в возрасте $36{,}52 \pm 0{,}48$ г., контаминированные ароматическими углеводородами в крови (бензол, толуол, о-ксилол, п-, м-ксилол); группу сравнения составили 22 женщины в возрасте $37{,}26 \pm 0{,}56$ г., не имеющие контаминации крови ароматическими углеводородами. Группы сопоставимы по возрасту, социальному статусу и этнической принадлежности.

Химико-аналитическое исследование биосред (кровь) на содержание ароматических углеводородов осуществлялось при помощи метода газовой хроматографии. Оценка содержания сывороточного иммуноглобулина класса А выполнялась методом РИД по Манчини. Уровень экспрессии стероидного гормона эстрадиола и раковых антигенов СА-125 и СА-19-9 оценивались методом иммуноферментного анализа крови.

Статистическая обработка данных проводилась в программе SPSS Statistics 23. Оценивались: X – среднее, SE – стандартная ошибка, t – Стьюдента с учетом равенства дисперсий, U – Манна – Уитни, W – Шапиро – Уилка, F – критерий Ливиня для оценки равенства диспресий, p – уровень значимости.

Результаты. По результатам химико-аналитического исследования установлено, что у пациенток из группы наблюдения в крови установлена избыточная контаминация ароматическими углеводородами: бензол ($0{,}0031 \pm 0{,}0016$ мкг/см^3) – канцероген 2-го класса опасности, толуол ($0{,}0005 \pm 0{,}0002$ мкг/см^3), о-ксилол ($0{,}0008 \pm 0{,}0004$ мкг/см^3), п-,м-ксилол ($0{,}0002 \pm 0{,}0001$ мкг/см^3), которая в норме должна отсутствовать.

По результатам иммунологического обследования установлены значимые различия по уровню экспрессии IgA между исследуемыми группами по критерию Манна – Уитни, при этом в группе женщин с избыточной контаминацией крови ароматическими углеводородами (группа наблюдения) этот показатель был выше на 12 % относительно группы сравнения. Изменение уровня IgA свидетельствует о вовлечении местного иммунитета, в том числе при пролиферативных состояниях. Считается, что наличие аутоантител IgA ассоциировано с эндометриоидными изменениями. Отмечается незначимое повышение уровня IgM и гиперэкспрессия эстрадиола в группе наблюдения относительно группы сравнения на 16 %, при этом показатели в группах изменялись в пределах границы нормы. IgM-антитела тревоги, увеличение экспрессии ассоциировано с рецидивом хронических заболеваний, в том числе онкологических.

По результатам исследования уровня экспрессии онкомаркеров СА-19-9 и СА-125, которые изменялись в пределах границы нормы, установлено увеличение уровня экспрессии СА-125 в группе наблюдения относительно группы сравнения в два раза. Экспрессия онкомаркера СА-19-9 отличается достоверным изменением уровня в группе наблюдения относительно группы сравнения в 1,9 раза по критерию Стьюдента с учетом оценки равенства дисперсий Ливиня. Раковый антиген СА-19-9 может быть повышен у женщин с эндометриозом, при этом более высокие уровни связаны с тяжестью заболевания, однако данный маркер не используется для диагностики эндометриоза. Онкомаркер СА-125 широко используется в качестве диагностического при эндометриозе, однако специфичным является для «онкологии» яичника [4] (таблица).

Результаты сравнительного анализа показателей иммунной системы в исследуемых группах

Показатель	Норма	Наблюдение	Сравнение	*p* (*F*)	*p* (*t*)	*p* (*U*)
		X ± *SE*	*X* ± *SE*			
Лимфоциты, %	30–34	35,2608 ± 1,4214*	34,5000 ± 1,3039*	0,716	0,696	0,585
Моноциты, %	3–4	6,4348 ± 0,2727	7,1818 ± 0,2915	0,951	0,068	**0,040**
IgA, г/дм^3	0,6–4,5	2,2117 ± 0,0941*	1,8782 ± 0,0958*	0,955	0,083	**0,008**
IgM, г/дм^3	0,33–2,93	1,6400 ± 0,1100*	1,4154 ± 0,0588*	0,042	0,081	0,212
Эстрадиол, пг/см^3	0–476	107,719 ± 16,0030*	92,9055 ± 15,7165	0,562	0,516	0,820
СА-19-9, ед/мл	0–35	14,0242 ± 1,5425*	7,5588 ± 1,6063*	0,859	**0,006**	**0,006**
СА-125, ед/мл	0–35	4,2857 ± 1,8814	2,0950 ± 0,6597	0,062	0,309	0,749

Примечание: *X* – среднее, *SE* – ошибка среднего, *p* (*W*) – уровень значимости для критерия Шапиро – Уилка, *p* (*F*) – уровень значимости для критерия Ливиня о равенстве дисперсий, *p* (*t*) – уровень значимости для критерия Стьюдента с учетом равенства дисперсий, *p* (*U*) – уровень значимости для критерия Манна – Уитни.

Выводы. Таким образом, обнаруженные различия между исследуемыми группами женщин с патологией репродуктивной системы и различным уровнем контаминации крови ароматическими углеводородами позволили установить стимулирующее действие ароматических углеводородов на повышение иммунной агрессии (содержание IgA) и уровня экспрессии неспецифического фетального маркера СА-19-9. Данные маркеры рекомендуется к использованию в качестве дополнительных критериев в ранней диагностике репродуктивных нарушений у женщин фертильного возраста, работников текстильного производства, ассоциированных с хронической производственной экспозицией ароматическими углеводородами.

Список литературы

1. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Тарантин А.В. Нарушения белкового состава крови человека в условиях воздействия ароматических углеводородов // Экология человека. – 2013. – № 7. – С. 15–26.

2. Казакова О.А., Долгих О.В., Синицына О.О. Иммунный и генетический статус женщин с нарушениями репродуктивной сферы при контаминации биосред фенолами // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 1. – С.. 90–96.

3. Update on biomarkers for detection of endometriosis / A. Fassbender, R.O. Burney, F.O. Dorien [et al.] // BioMed Research International. – 2015. – Vol. 2015. – P. 130854. DOI: 10.1155/2015/130854

4. Copeptin is associated with the severity of endometriosis / A. Tuten, M. Kucur, M. Imamoglu [et al.] // Archives of Gynecology and Obstetrics. – 2014. – Vol. 290. – P. 75–82.

Особенности иммунной регуляции у работающих с патологией сердечно-сосудистой системы в условиях воздействия вредных производственных факторов предприятия по добыче нефти

Н.А. Никоношина, О.В. Долгих

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

Группа работающих в условиях экспозиции производственных факторов предприятия по добыче нефти с установленным диагнозом атеросклероза ($p < 0,05$) отличается повышенным уровнем контаминации крови бензолом относительно группы сравнения. Иммунный статус обследованного контингента характеризуется достоверно ($p < 0,05$) повышенным уровнем специфической сенсибилизации по критерию IgG к бензолу и гиперактивацией процессов апоптоза, о чем свидетельствует повышение ($p < 0,05$) уровня экспрессии CD3+CD95+-маркера лимфоцитов, проапоптотических белков p53 и Bax, а также рецептора фактора некроза опухоли TNFR и увеличения числа Annexin V-FITC+7AAD-негативных клеток. Выявлены статистически значимые ($p < 0,05$) признаки активации фагоцитоза лейкоцитов периферической венозной крови по критерию процента фагоцитоза. Выявленные изменения иммунной регуляции характеризуют развитие сердечно-сосудистых патологий с атеросклеротическим поражением сосудов у работающих в условиях воздействия вредных производственных факторов предприятия нефтедобычи.

Ключевые слова: производственные факторы, предприятие нефтедобычи, атеросклероз, иммунная регуляция, апоптоз.

Сердечно-сосудистые патологии, включая атеросклероз и его осложнения, являются наиболее распространенной причиной роста инвалидности и смертности трудоспособного населения [2]. Морфологической основой атерогенеза является локальное воспаление стенки кровеносного сосуда, обусловленное изменениями иммунной регуляции, включая гиперэкспрессию провоспалительных цитокинов, хемокинов и молекул адгезии, а также стимуляцию миграции и концентрацию моноцитов, макрофагов, лимфоцитов, гладкомышечных клеток и липидов в артериальной стенке [5]. Условия рабочей среды предприятия нефтедобычи отличаются более интенсивным действием химических, физических и психофизиологических факторов по сравнению с окружающей средой, что создает предпосылки для развития нарушений, ассоциированных с иммунной регуляции адаптационных процессов, и тем самым обусловливает повышенный риск развития профессионально обусловленных патологий, включая атеросклероз у лиц, занятых в добыче нефти [1, 3, 4].

Цель работы – анализ особенностей иммунной регуляции работающих в условиях экспозиции производственных факторов предприятия нефтедобычи с установленной патологией сердечно-сосудистой системы (атеросклероз)

Материалы и методы. Проведено исследование показателей иммунного статуса и полиморфизма кандидатных генов у работников предприятия нефтедо-

бычи в возрасте 28–59 лет с установленной патологией сердечно-сосудистой системы (атеросклероз). Всего обследовано 106 человек. Группу наблюдения составили 69 работающих в условиях экспозиции производственных химических, физических и психофизиологических производственных факторов с установленной патологией сердечно-сосудистой системы – атеросклероз (операторы добычи нефти и газа). Группу сравнения составили 27 мужчин с установленным диагнозом атеросклероза, не контактирующие с данными производственными факторами на рабочих местах (технологи, инженеры и др.). Обследованные группы сопоставимы по возрасту, социальному статусу и этнической принадлежности.

Фенотипирование лимфоцитов (CD3+CD95+-), регистрацию апоптоза лимфоцитов (Annexin V-FITC+7AAD-) и идентификацию его мембранных и внутриклеточных маркеров (Bax, TNFR, p53) проводили методом проточной цитофлюориметрии на приборе FACSCalibur (Becton Dickinson, USA) с использованием универсальной программы CellQuestPrO.

Изучение фагоцитарной активности лейкоцитов периферической венозной крови (процент фагоцитоза) проводили с использованием формалинизированных эритроцитов барана.

Определение специфического IgG к бензолу осуществляли методом аллергосорбентного теста с ферментной меткой.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с помощью пакета программ Microsoft Office, а также программы Statistica 6.0 и включала в себя описательную статистику и двухвыборочный *t*-критерий Стьюдента. Различия между группами считались значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. В результате химико-аналитического исследования биосред работающих в условиях экспозиции производственными факторами с установленным диагнозом атеросклероза выявлены изменения микроэлементного состава крови, характеризующиеся достоверно ($p < 0,05$) повышенным уровнем контаминации бензолом ($0,000522 \pm 0,00010$ мкг/см^3) относительно группы сравнения ($0,000359 \pm 0,00011$ мкг/см^3).

Результаты проведенного клинико-лабораторного исследования проб крови работников предприятия нефтедобычи указывают на изменения иммунной регуляции физиологических функций организма, ассоциированные с развитием патологии сердечно-сосудистой системы (атеросклероз) у обследованных лиц в условиях экспозиции вредными производственными факторами предприятия нефтедобычи (таблица).

У работающих в условиях экспозиции производственных факторов предприятия нефтедобычи с установленной патологией сердечно-сосудистой системы определено достоверное ($p < 0,05$) повышение уровня специфической сенсибилизации по критерию IgG к бензолу относительно группы сравнения.

Выявленные изменения иммунной регуляции обследованного контингента указывают на признаки активации апоптоза, что подтверждается достоверным ($p < 0,05$) повышением уровня содержания рецепторных и внутриклеточных регуляторов запрограммированной гибели клеток. Так, в группе наблюдения отмечается статистически значимое повышение ($p < 0,05$) содержания CD3+CD95+-лимфоцитов относительно группы сравнения. Однако содержание клеток данной субпопуляции у работников предприятия нефтедобычи с атеросклеротическим поражением сосудов достоверно ($p < 0,05$) ниже референтного уровня независимо от уровня экспозиции производственных факторов на рабочих местах обследованного контингента.

Особенности иммунной регуляции работающих в условиях экспозиции производственных факторов предприятия нефтедобычи с атеросклерозом

Показатель	Референтный интервал	Группа наблюдения, $n = 69$	Группа сравнения, $n = 27$
Annexin V-FITC+7AAD негативные клетки, %	1,5–2,5	4,136 ± 0,609*/**	1,679 ± 0,191
Bax, %	5–9	12,797 ± 0,935*/**	10,127 ± 1,088
CD3+CD95+-лимфоциты, абс., 10^9/л	0,63–0,97	0,401 ± 0,023*/**	0,269 ± 0,033**
CD3+CD95+-лимфоциты, отн., %	39–49	21,947 ± 1,480*/**	14,556 ± 1,968**
TNFR, %	1–1,5	3,770 ± 0,384*/**	2,542 ± 0,390
p53, %	1,2–1,8	9,961 ± 0,608*/**	5,162 ± 0,580**
Процент фагоцитоза, %	35–60	53,507 ± 1,121*	48,174 ± 1,305
IgG специфический к бензолу, усл. ед.	0–0,15	0,167 ± 0,016*	0,106 ± 0,014

Примечание:
* – различия статистически значимы относительно группы сравнения ($p < 0,05$);
** – различия статистически значимы относительно референтного уровня ($p < 0,05$).

Достоверное ($p < 0,05$) повышение содержания Annexin V-FITC+7AAD-негативных клеток в группе наблюдения относительно значений, зафиксированных в группе сравнения, также свидетельствует об индуцированной активации апоптоза работающих в условиях экспозиции производственных факторов предприятия по добыче нефти с установленной патологией сердечно-сосудистой системы.

В группе операторов добычи нефти и газа с атеросклеротическим поражением сосудов установлен достоверно повышенный уровень экспрессии проапоптотического внутриклеточного белка Bax и рецептора фактора некроза опухоли TNFR относительно аналогичного значения показателя в группе сравнения и установленного референтного интервала.

Кроме того, у обследованных лиц, включенных в группу наблюдения, отмечается достоверно повышенный уровень белка-онкосупрессора p53 по отношению к группе сравнения ($p < 0,05$). Кроме того, содержание данного регулятора апоптоза у работников предприятия нефтедобычи с атеросклерозом достоверно превышает референтный уровень независимо от длительности и интенсивности экспозиции вредными и опасными производственными факторами.

В результате исследования фагоцитарной активности лейкоцитов периферической венозной крови выявлены признаки ее гиперактивации по критерию процента фагоцитоза ($p < 0,05$) относительно значения данного показателя в группе сравнения.

Выводы. Таким образом, иммунный статус работающих в условиях экспозиции производственных факторов предприятия по добыче нефти с установленной патологией сердечно-сосудистой системы отличается достоверно ($p < 0,05$) повышенным уровнем специфической сенсибилизации по критерию специфического IgG к бензолу по отношению к группе сравнения и гиперактивацией процессов апоптоза, о чем свидетельствует повышение ($p < 0,05$) уровня экспрессии CD3+CD95+-маркера лимфоцитов, проапоптотических белков p53 и Bax, а также рецептора фактора некроза опухоли TNFR и увеличение числа Annexin V-FITC+7AAD-негативных клеток относительно группы сравнения и референтного интервала. Установлен повышенный ($p < 0,05$) уровень фагоцитоза лейкоцитов по критерию процента фагоцитоза относительно группы сравнения. Дизрегуляция иммунного ответа в условиях воздействия

производственных факторов предприятия нефтедобычи обусловливает развитие морфологических изменений и дисфункции эндотелия сосудов, что приводит к повышенному риску сердечно-сосудистых патологий с формированием атеросклеротического поражения сосудов.

Список литературы

1. Галкин А.Ф., Хусаинова Р.Г. Оценка и ранжирование неблагоприятных производственных факторов на нефтегазовом предприятии Севера // Фундаментальные исследования. – 2012. – Т. 6, №.3. – С. 637–641.

2. Искаков Е.Б. Распространенность факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний // Медицина и экология. – 2017. – № 3 (84). – С. 17–241.

3. Факторы и показатели профессионального риска при добыче нефти / Г.Г. Гимранова, А.Б. Бакиров, Л.К. Каримова, Н.А. Бейгул, Э.Р. Шайхлисламова // Вестник РГМУ. – 2014. – № 1. – С. 72–75.

4. Duramad P., Holland N.T. Biomarkers of immunotoxicity for environmental and public health research // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2011. – Vol. 8, № 5. – P. 1388–1401.

5. Hansson G.K., Hermansson A. The immune system in atherosclerosis // Nature Immunology. – 2011. – № 12. – P. 204–212.

Сменный труд и образ жизни металлургов как факторы риска развития ожирения

Е.Ф. Черникова, В.А. Скворцова, В.П. Телюпина, М.М. Некрасова

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

Исследование распространенности ожирения и оценка влияния средовых поведенческих и генетических, факторов образа жизни металлургов на его развитие показало, что: 1) сменный характер труда влияет на образ жизни рабочих; 2) такие факторы, как питание по ночам, дефицит сна, низкая физическая активность, курение, наличие генетической предрасположенности, способствуют развитию ожирения у металлургов, работающих в ночные смены; 3) необходима разработка системы профилактических мероприятий, включающей повышение мотивации работников к ведению здорового образа жизни.

Ключевые слова: сменный труд, металлурги, ожирение.

Ожирение является не только медицинской, но и социальной проблемой. Избыточная масса тела снижает качество жизни, ограничивает двигательную активность и выбор профессии, увеличивает риск развития целого ряда кардиометаболической патологии, нередко приводящей к преждевременной смертности.

В связи с этим тенденция роста распространенности ожирения среди населения и необходимость принятия управленческих решений по нормализации массы тела у взрослых и детей широко обсуждается на мировом уровне. Очевидна связь ожирения с образом жизни, который ведет человек: его физической активностью, режимом и рационом питания, избыточным потреблением алкоголя, стрессами. Жизненный уклад формируется также под воздействием вида и характера трудовой деятельности индивидуума. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения [7, 9, 19], идентифицированы 82 фактора окружающей среды и образа жизни, способствующие развитию ожирения. Персистенция факторов риска на любой стадии заболевания определяет скорость его прогрессирования и тяжесть осложнений [7, 9]. В то же время своевременная коррекция и здоровьесберегающая расстановка поведенческих ориентиров способствуют нормализации обменных процессов и массы тела. На решение данной задачи направлены и последние Указы Президента РФ № 254 от 06.06.2019 «О Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года», № 204 от 07.05.2018 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», Приказ Минздрава России № 8 от 15.01.2020 «Об утверждении Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года».

Современное общество трудно представить без служб круглосуточного реагирования, сферы услуг, доступной в любое время дня и ночи, производственных процессов, функционирующих в непрерывном режиме. Это обусловливает широкое распространение рабочих мест с графиками работы, включающими атипичное (поздневечерние, раннеутренние часы и выходные дни) и ночное время, которое законодательством РФ определено в промежутке с 22 ч ночи до 6 ч утра [1, 2, 10, 11].

Циркадная система человека запрограммирована на генетическом уровне. В хромосомах живых существ выделяют особые гены (period, timeless и другие), продуцирующие специфические белки (PER, TIM, CLOCK и т.д.), которые, в свою очередь, регулируют сон и бодрствование, работу гормональной системы, температуру тела, артериальное давление и другие физиологические процессы организма, изменяющиеся в зависимости от времени суток [6, 16, 18]. Управляемая и слаженная регуляция обеспечивает устойчивое равновесие и здоровье. Работа в атипичные и ночные часы сопровождается изменением биологических ритмов.

Разнообразие последствий десинхронии свидетельствует о вовлеченности гормональной, иммунной, нервной систем организма в их патогенез [4, 12, 15, 17].

Среди изученных последствий ночного труда по классу болезней эндокринной системы в материалах исследования ANSES ***доказанный эффект*** был определен для метаболического синдрома, ***вероятный эффект*** для ожирения и сахарного диабета II типа, ***возможное влияние*** для дислипидемии [13].

К ожирению часто приводит нерациональное пищевое поведение, включая нарушения режима, дисбаланс между потребляемой и расходуемой энергией и нарушения метаболизма. Указанные причины должны быть учтены у лиц, вынужденных бодрствовать и принимать пищу ночью в связи с режимом работы.

Цель исследования – изучить влияние средовых, поведенческих и генетических факторов образа жизни металлургов на развитие ожирения.

Материалы и методы. Исследование проведено на базе крупного металлургического предприятия Нижегородской области. Металлурги (в основном предста-

вители рабочих профессий: токари-карусельщики, слесари, операторы) участвовали в исследовании на основе добровольного информированного согласия с соблюдением этических принципов, изложенных в Хельсинкской декларации (1975 г. с дополнениями 2008 г.). Объем выборки составил 129 работников мужского пола в возрасте 24–64 лет со стажем в профессии 4–40 лет (средние значения 63,15 ± 3,33 и 11,48 ± 2,45 г. соответственно). Рабочие были разделены на три группы по продолжительности стажа ночных работ: 1-я группа – 55 человек со стажем 0–9 лет (среднее значение 6,68 ± 1,25 г.) в возрасте 24–64 лет (31,05 ± 4,19 г.); 2-я группа – 42 человека со стажем 10–14 лет (12,5 ± 2,25 г.) в возрасте 27–56 лет (35,71 ± 4,30 г.); 3-я группа – 32 человека со стажем 15 лет и более (19,91 ± 2,40 г.) в возрасте от 33 до 64 лет (45,78 ± 7,50 г.). Следует отметить, что стажевые группы представлены в широком возрастном диапазоне, что необходимо учитывать при интерпретации результатов работы.

Исследование включало анкетирование работников предприятия и проведение антропометрии (измерение роста, веса, окружности талии, расчет индекса массы тела (ИМТ)). Оригинальные анкеты являются авторской разработкой сотрудников ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора, ФГБОУ ВО ПИМУ МЗ РФ, Нижегородской ассоциации диетологов и нутрициологов, Нижегородского центра оздоровительного питания «Центр диетологии». Анкетирование предполагало сбор сведений о режиме работы и субъективной оценке условий труда, социальном статусе, состоянии здоровья и генетической отягощенности, образе жизни рабочих, включая анализ характера и режимов питания, режимов сна и бодрствования, двигательной активности, распространенности вредных привычек.

Оценка абдоминального ожирения проводилась по окружности талии (ОТ > 94 см), определение избыточной массы тела и ожирения I–III степени суммарно – по расчету ИМТ 25,0–29,9 кг/м² и ≥30,0 кг/м² соответственно [3].

Обработка результатов исследования проведена с использованием методов вариационной статистики, программ MS Excel, онлайн-калькулятора Medstatistic.ru. Для исключения влияния возраста как фактора риска развития патологии применялся прямой метод стандартизации.

Парную взаимосвязь между двумя признаками и более определяли методом дисперсионного анализа данных с использованием коэффициента корреляции Пирсона. Достоверность различий устанавливалась с помощью *t*-критерия Стьюдента для несвязанных совокупностей.

Результаты. Труд металлургов характеризуется большими физическими нагрузками, работой в ночные часы, комплексным воздействием вредных производственных факторов: шума, нагревающего микроклимата, производственной пыли, огнеопасных, взрывоопасных и ядовитых веществ, вибрации, ультразвука, электромагнитных излучений [5, 8, 14].

Анализ результатов, проводимых на предприятии аттестации рабочих мест и специальной оценки условий труда, показал, что приоритетным фактором производственной среды на всех рабочих местах был шум, на многих рабочих местах фиксировалось тепловое излучение, повышенные уровни общей и локальной вибрации, большинство технологических процессов сопровождаются выделением пыли и вредных веществ в воздух рабочей зоны. Таким образом, общая оценка условий труда металлургов соответствует классу 3.1–3.3.

Сотрудники металлургического завода, участвующие в исследовании, работают в двух графиках: двухсменном по 12 ч и трехсменном по 8 ч; 40-часовая рабо-

чая неделя, прямая ротация смен. Перерыв на обед продолжительностью один час все рабочие используют для приема горячей пищи.

Анкетный опрос показал, что анализируемая профессиональная группа представлена специалистами со средним общим и средним специальным образованием (62,8 %), высшим образованием (34,9 %). Семейное положение: 76 % – женаты, 72,1 % – имеют детей. Все респонденты отмечают стабильный график работы с 12-часовыми сменами в прямой ротации: «день – ночь – отсыпной – выходной»; 40-часовая рабочая неделя, ежегодный отпуск продолжительностью 28–35 дней предоставлялся в полном объеме. Обеденный перерыв – один час. Дополнительных регламентированных перерывов в работе не предусмотрено. Продолжительность ночного сна большинства респондентов составила 7–8 ч (53,5 %), 9 ч и более – у 20,2 %. Недостаточная продолжительность сна (6 ч и меньше) отмечена у 26,4 %, и 27,1 % респондентов считают, что не высыпаются.

Свое свободное время 44,2 % интервьюеров предпочитают проводить, сочетая активный и пассивный отдых, пассивно – 27,9 %. Треть металлургов занимаются тем или иным видом спорта (36,4 %), включая индивидуальные и командные тренировки в среднем по 2–3 раза в неделю. Достоверных различий в режимных моментах между стажевыми группами не обнаружено.

В целом по группе популярность мер по сохранению здоровья, предпринимаемых работниками, можно представить в виде диаграммы (рис. 1).

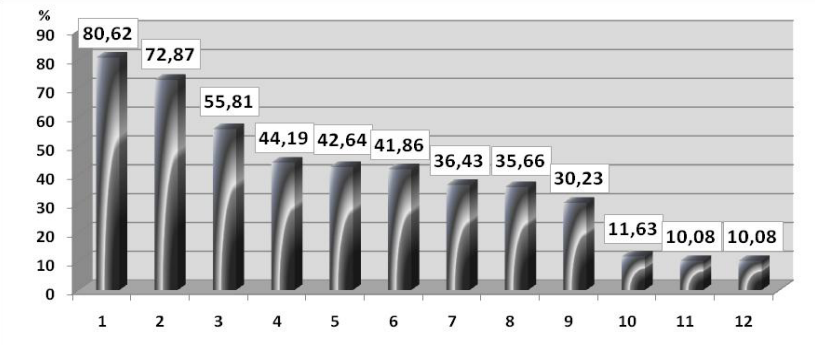


Рис. 1. Меры по сохранению здоровья, предпринимаемые металлургами:
1 – регулярно проходят профилактические медицинские осмотры; *2* – часто бывают на свежем воздухе; *3* – не злоупотребляют алкоголем; *4* – не курят; *5* – соблюдают режим сна; *6* – употребляют много свежих овощей и фруктов; *7* – проводят отпуск за городом; *8* – стараются не переедать; *9* – поддерживают физическую форму; *10* – регулярно принимают витаминно-минеральные комплексы, биологически активные добавки; *11* – закаляются; *12* – ничего не предпринимают

Таким образом, основными способами профилактики заболеваемости интервьюеры считают прохождение медицинских осмотров, аэрацию, борьбу с вредными привычками, режим сна и правильное питание. Анализ популярности данных мер среди лиц с разным стажем ночного труда показал достоверные различия в вопросах о распространенности вредных привычек: представители второй группы (10–14 лет) меньше злоупотребляют алкоголем, чем в 3-й группе ($t = 2{,}18$; $p = 0{,}0322$) и меньше курят, чем в 1-й ($t = 2{,}07$; $p = 0{,}0409$). То есть работники 2-й стажевой группы проявляют большее внимание к своему здоровью.

Изучение режима питания металлургов показало, что большая часть работников предприятия в рабочие и выходные дни соблюдает трехразовый – 53,5 % и двухразовый – 42,6 % прием горячих блюд с дополнительными перекусами: два в день у 45,7 %, три – у 19,4 %, одни – у 10,9 %.

Персонализированный корреляционный анализ показал, что интервалы между завтраком / обедом, обедом / ужином, а также продолжительность приема пищи у каждого отдельно взятого работника в рабочие и выходные дни существенно не отличались ($r = 0,72$; $r = 0,80$; $r = 0,73$ соответственно; $p < 0,01$). То есть работники ежедневно следовали определенному сложившемуся стереотипу питания, что благотворно влияет на процессы пищеварения, поскольку позволяет совмещать прием пищи с активной мозговой фазой секреции желудочного сока. Групповой анализ показал, что длительные перерывы (5 ч и более) между приемами пищи присутствовали у 36,2 % лиц, «разные» интервалы – у 31,6 %; различия между значениями для рабочих и выходных дней завтрака / обеда, обеда / ужина статистически не значимы.

На вопросы о поздних и ночных приемах пищи 29,5 % респондентов ответили, что могут поесть и сразу лечь спать, 19,4 % выдерживают перерыв между ужином и сном менее часа, 25,6 % едят по ночам исключительно во время дежурств. Стараются не употреблять пищу после 18 ч 20,2 % работников. Корреляционный анализ показал, что представители 3-й стажевой группы достоверно чаще могут позволить себе ужин в любое время суток, если голодны, чем работники 1-й группы (40,6 % против 18,2 %; $t = 2.22$; $p = 0,0292$) и 2-й (23,8 %; $p > 0,05$).

Из вышесказанного можно сделать вывод о наличии нерационального режима питания у большинства металлургов, что может отрицательно сказаться на здоровье работников и способствовать росту массы тела.

При оценке пищевого рациона выявлено, что 82,2 % опрошенных предпочитают употреблять блюда домашнего приготовления как в выходные, так и в рабочие дни. Наличие достоверной корреляции между ответами «стараюсь не переедать» и «стараюсь употреблять больше овощей и фруктов» ($r = 0,42$; $p < 0,01$) свидетельствует о том, что эта часть работников (преимущественно 2-я стажевая группа) информирована о принципах здорового питания и стремится их придерживаться.

Анализ сбалансированности питания по основным группам продуктов показал, что в ежедневном рационе первое блюдо (суп) присутствует у 55,6 % респондентов, хлеб – практически у всех (93,3 %). Однако лишь у трети респондентов (28,9 %) в суточном меню присутствует молочная и кисломолочная продукция, всего 11,1 % каждый день потребляют в пищу фрукты и овощи (кроме картофеля) в свежем и термически обработанном виде, и 2,2 % рыбу (табл. 1).

Вместе с этим мясо различных видов животных, включая птицу: в отварном и тушеном виде – у 35,6 %. Довольно широко распространены в ежедневном рационе продукты, содержащие жир и скрытую соль: жареное мясо – у 20,2 %, жареный картофель – у 7,0 %, колбасные изделия – у 17,1 %, майонез – у 22,2 %. Легкоусваиваемые углеводы (сдоба и сладости) каждый день потребляли 24,4 и 28,9 % респондентов.

Анализ недельного меню показывает у многих работников недостаток потребления белка (рыбы, молочных и кисломолочных продуктов), пищевых волокон (фрукты, овощи, крупы) наряду с избыточным потреблением углеводистой и жирной пищи, продукции, содержащей скрытую соль.

Таблица 1

Частота употребления некоторых продуктов и блюд в недельном рационе питания работников металлургического производства

Пищевой продукт	Частота употребления	Распространенность в группе, %
Мясо (говядина, свинина, птица) вареное или тушеное	Не реже 3–4 раз в неделю	77,8
Мясо (говядина, свинина, птица) жареное	Не реже 3–4 раз в неделю	62,2
Рыба и морепродукты вареные / тушеные	Не реже 1 раза в неделю	33,3
Рыба и морепродукты жареные	Не реже 1 раза в неделю	26,7
Колбаса, сосиски	Не реже 3–4 раз в неделю	44,4
Молоко и кисломолочные продукты	Ежедневно/3–4 раза в неделю	28,9/40,0
Овощи свежие	Ежедневно/3–4 раза в неделю	11,1/48,9
Овощи вареные / тушеные, кроме картофеля	Ежедневно/3–4 раза в неделю	11,1/31,1
Фрукты, ягоды свежие	Ежедневно/3–4 раз в неделю	11,1/42,2
Картофель вареный, пюре	Не реже 3–4 раз в неделю	73,3
Картофель жареный	Не реже 3–4 раз в неделю	37,8
Крупы	Не реже 3–4 раз в неделю	64,4
Макароны	Не реже 3–4 раз в неделю	60,0
Яйца	Не реже 3–4 раз в неделю	64,4
Суп	Ежедневно/3–4 раза в неделю	55,6/33,3
Хлеб	Ежедневно	93,3
Масло сливочное	Не реже 3–4 раз в неделю	60,0
Масло растительное	Не реже 3–4 раз в неделю	75,6
Майонез, соусы, пряности	Ежедневно/3–4 раза в неделю	22,2/40,0
Сладости (конфеты, варенье, мед)	Ежедневно	28,9
Сдоба	Ежедневно	24,4

Кратность приема алкогольных напитков: один раз в неделю и чаще напитки крепостью менее 20^0 – у 44,2 % респондентов, напитки крепостью более 20^0 – у 29,5 %.

Курение распространено в целом у 50 % респондентов, больше среди малостажированных работников (61,8 %) и меньше во 2-й стажевой группе (40,5 %). Связи между ожирением и потреблением алкоголя не обнаружено, а между ИМТ и курением установлена корреляционная связь слабой силы ($r = 0,21$; $p < 0,05$).

Исследование генетической предрасположенности металлургов к избыточному весу показало, что значения ИМТ достоверно коррелировали с ожирением у отца и матери ($r = [0,32: 0,36]$; $p < 0,01$).

Также были установлены корреляционные зависимости между ИМТ и количеством потребляемой за сутки жидкости ($r = 0,31$; $p < 0,01$), субъективным ощущением недостаточной продолжительности сна ($r = 0,28$; $p < 0,01$), продолжительностью сна ($r = –0,15$; $p < 0,01$), количеством перекусов ($r = 0,28$; $p < 0,01$), поздними и ночными приемами калорийной пищи ($r = [0,17: 0,24]$; $p < 0,05$). Антропометрическое исследование и расчет ИМТ показали, что в целом по группе избыточная масса тела и ожирение (ИМТО) регистрировались у 68,2 %, абдоминальное ожирение – у 52,7 %. Это незначительно выше среднестатистических для трудоспособного населения РФ значений, однако в случае сравнения статистических показателей с учетом гендерных особенностей распространения ожирения различие могло быть существенно выше. ИМТ и ОТ, как и следовало ожидать, были взаимосвязаны ($r = 0,78$; $p < 0,01$). Анализ распространенности показателей ожирения в стажевых

группах, а также их стандартизованных по возрасту оценок (СП) показал, что наибольшее число лиц с признаками ожирения было в 3-й группе. Примечательно, что представители 2-й группы имели достоверно самые низкие уровни распространенности ожирения (табл. 2). Со стажем число лиц с избыточной массой тела в СП уменьшалось.

Таблица 2

Распространенность избыточной массы тела и ожирения среди металлургов в относительных и стандартизованных по возрасту показателях

Стаж, лет	Абдоминальное ожирение		Избыточная масса тела		Ожирение I–III степени	
	на 100 раб.	СП	на 100 раб.	СП	на 100 раб.	СП
0–9	54,5	60,5	47,3	52,6	21,8	21,2
10–14	47,6	46,6	42,9	40,0	19,0	19,0
15+	56,3	68,0*	43,8	27,4*	28,1	47,5**

Примечание:

* – относительный риск RR = 1,46 с группой 10–14 лет стажа – малая степень профессиональной обусловленности;

** – относительный риск RR = 2,5 с группой 10–14 лет стажа – высокая степень профессиональной обусловленности.

Интересные данные получены при анализе долевого вклада ожирения I–III ст. в общую структуру лиц с ИМТО с учетом стандартизации по возрасту (рис. 2). Несмотря на предпринимаемые во 2-й группе меры по сохранению здоровья, прослеживается отчетливая тенденция нарастания числа лиц с ожирением при увеличении стажа работы с ночными сменами (R^2 = 0,81).

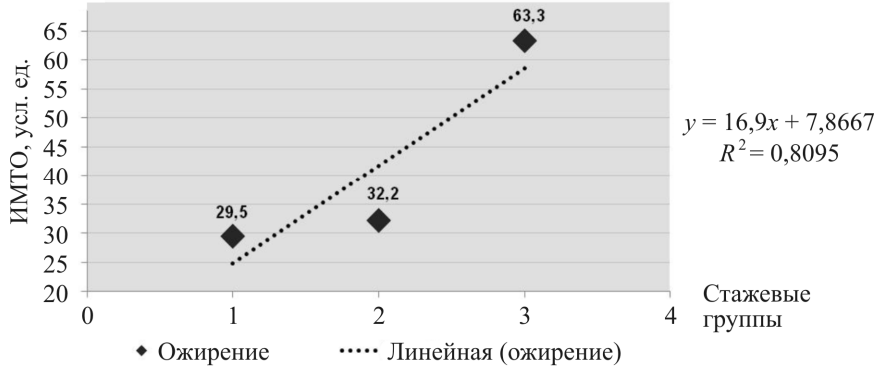


Рис. 2. Стандартизованные по возрасту показатели ожирения среди работников с ИМТО в зависимости от стажа ночной работы

Выводы. Таким образом, проведенное исследование показало, что:

1. Сменный характер труда влияет на образ жизни рабочих.

2. В совокупности такие факторы, как питание по ночам, дефицит сна, низкая физическая активность, курение, наличие генетической предрасположенности, способствуют развитию ожирения у металлургов, работающих в ночные смены.

3. Необходима разработка системы профилактических мероприятий, включающей повышение мотивации работников к ведению здорового образа жизни.

Список литературы

1. Бухтияров И.В., Рубцов М.Ю. Современные аспекты влияния сменного труда на здоровье работников // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 9. – С. 32.

2. Влияние сменного графика работы на показатели метаболического здоровья / Е.С. Цветкова, Т.И. Романцова, Г.Е. Рунова [и др.] // Ожирение и метаболизм. – 2019. – Т. 16, № 3. – С. 11–19.

3. Всероссийское научное общество кардиологов: проект рекомендаций экспертов Российского кардиологического общества по диагностике и лечению метаболического синдрома. Третий пересмотр. – М.: ВНОК, 2013. – 103 с.

4. Грибанов И.А., Зарубина Е.Г. Работа в ночное время как фактор риска развития сердечно-сосудистой патологии // Анализ риска здоровью – 2020: материалы X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. – Т. 2. – С. 67–71.

5. Егорова А.М., Жеглова А.В., Сааркоппель Л.М. Анализ профессионального риска для здоровья рабочих металлургического производства // Анализ риска здоровью – 2020: материалы X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. – Т. 2. – С. 142–146.

6. Казарновский М., Урум А. Тик-так по-шведски. Нобелевская премия за циркадные ритмы [Электронный ресурс]. – 2017. – URL: https://biomolecula.ru/articles/tik-tak-po-shvedski-nobelevskaia-premiia-za-tsirkadnye-ritmy#source-4 (дата обращения: 14.05.2020).

7. Кардиоваскулярная профилактика 2017: национальные рекомендации / Российское кардиологическое общество; под ред. С.А. Бойцова, Н.В. Погосовой. – М.: РКО, 2017. – 289 с.

8. Лазаренков А.М. Исследование влияния условий труда на общую заболеваемость литейщиков // Литье и металлургия. – 2019. – № 3. – С. 156–159. DOI: https://doi.org/10.21122/1683-6065-2019-3-156-159

9. Российское кардиологическое общество. Диагностика, лечение, профилактика ожирения и ассоциированных с ним заболеваний (национальные клинические рекомендации) / под ред. Е.В. Шляхто, С.В. Недогода, А.О. Конради. – СПб.: РКО, 2017. – 164 с.

10. Сменная работа и риск нарушения здоровья: монография / Ю.Ю. Горблянский, О.В. Сивочалова, Е.П. Конторович [и др.]. – Ростов-н/Д.: Изд-во Фонда науки и образования, 2016. – 520 с.

11. Сорокин Г.А., Фролова Н.М., Гребеньков С.В. Прогнозирование риска здоровью при нарушениях суточного ритма сна и бодрствования работников (сменная работа, ночной труд, вахтовая организация труда, смена часовых поясов): информационно-аналитический обзор / СЗНЦ гигиены и общественного здоровья. – СПб., 2017. – 48 с.

12. AlDabal L. Metabolic, Endocrine, and Immune Consequences of Sleep Deprivation // TORMJ. – 2011. – Vol. 5. – P. 31–43.

13. ANSES Opinion. Assessment of the health risks associated with night work. – 2016. – 412 c.

14. Battaus M.R.B., Monteiro M.I. Perfi l sociodemográfi co e estilo de vida de trabalhadores de uma indústria metalúrgica // Rev. Bras. Enferm. Brasília. – 2013. – № 66 (1). – P. 52–58.

15. Relationship between sleep duration and the metabolic syndrome: Korean National Health and Nutrition Survey 2001 / K.M. Choi, J.S. Lee, H.S. Park [et al.] // Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. – 2008. – Vol. 32. – P. 1091–1097.

16. Ibáñez C. Scientific background discoveries of molecular mechanisms controlling the circadian rhythm [Электронный ресурс]. – 2017. – URL: https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2017/advanced-information/ (дата обращения: 14.05.2020)

17. Metabolic syndrome and work: identification of populations at risk / M. La Sala, A. Pietroiusti, A. Magrini [et al.] // G. Ital. Med. Lav. Ergon. – 2007. – Vol. 29 (3). – P. 445–447 (in Italian).

18. Satchidananda P. Circadian physiology of metabolism // Science. – 2016. – Vol. 354. – P. 1008–1015. DOI: 10.1126 /science.aah4967

19. Stefan N., Häring H.U., Hu F.B., Schulze M.B. Metabolically healthy obesity: epidemiology, mechanisms, and clinical implications // The Lancet Diabetes & Endocrinology. – 2013. – Vol. 1. – № 2. – P. 152–162. doi: 10.1016/S2213-8587 (13) 70062-7

Оценка функционального состояния систем кровообращения и дыхания у пожарных с различным стажем профессиональной деятельности в зависимости от полиморфных вариантов генов регуляторов метаболизма

В.Е. Крийт, Ю.Н. Сладкова

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

При пожаротушении наиболее опасное воздействие на организм пожарных оказывают токсичные продукты горения. Особое место среди этих продуктов занимает монооксид углерода (CO), длительное воздействие которого даже в малых концентрациях приводит к нарушениям регуляции функциональных систем организма. Определена степень напряжения физиологических систем кровообращения и дыхания у пожарных с различным стажем профессиональной деятельности в зависимости от полиморфных вариантов генов регуляторов метаболизма. Наибольшее напряжение функциональных систем организма выявлено у пожарных – носителей минорных аллелей генов регуляторов метаболизма (ACTN3 R/R, TFAM Ser/Ser, PPARA C/C и PPARGC1A Ser/Ser). Генотипирование пожарных позволит своевременно проводить мероприятия по коррекции нарушений регуляции функциональных систем организма.

Ключевые слова: пожарные, монооксид углерода, полиморфизм генов, гены регуляторы метаболизма, генотипирование.

Наиболее опасное воздействие на организм пожарных при пожаротушении оказывают токсичные продукты горения. Среди этих продуктов необходимо особо выделить монооксид углерода (CO, углерод оксид, углерода окись, угарный газ), образующийся практически во всех случаях горения углеродсодержащих материалов, особенно в условиях недостатка кислорода.

В России содержание оксида углерода в воздухе рабочей зоны регламентируется гигиеническими нормативами ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»: максимальная разовая ПДК составляет 20 мг/м^3. Как для одного из опасных факторов пожара Приказом МЧС РФ от 30.06.2009 № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружения и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» и ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» для монооксида углерода установлено предельно допустимое значение – $1{,}16 \cdot 10^{-3}$ кг/м^3.

По данным некоторых отечественных авторов [4], естественный уровень содержания оксида углерода в атмосферном воздухе находится в пределах 0,01–0,9 мг/м^3. Рекомендации по качеству воздуха в Европе, опубликованные от имени Европейского регионального бюро Всемирной организации здравоохранения в 2004 г., представляют данные о фоновых концентрациях оксида углерода в диапазоне 0,06–0,14 мг/м^3 (0,05–0,12 ppm). Приблизительно 80–90 % поглощенного оксида углерода соединяется с гемоглобином и образует карбоксигемоглобин (COHb). Образование COHb происходит достаточно быстро и возрастает в геометрической прогрессии, так как сродство гемоглобина к оксиду углерода в 200–300 раз больше, чем к кислороду, хотя присоединение CO к Hb происходит до 10 раз медленнее [8]. Обратная реакция имеет линейную зависимость и происходит медленнее, чем расщепление оксигемоглобина [2–4, 6]. Период половинной диссоциации карбоксигемоглобина при нормальном дыхании составляет по разным данным от 3–4 до 5,3 ч [2, 4, 8].

Физиологический уровень эндогенного карбоксигемоглобина в крови составляет, по данным разных авторов, от 1,0 до 3,4 %. У жителей городов с сильно загрязненным воздушным бассейном показатель COHb в крови намного выше и составляет до 12 % (в среднем 8,8 %) [8]. По данным ВОЗ, у здоровых некурящих людей уровень эндогенного карбоксигемоглобина составляет 0,4–0,7 %, эндогенного и экзогенного карбоксигемоглобина – обычно составляет 0,5–1,5 % и не должен превышать 2,5 %. У некурящих лиц определенных профессий, в том числе у пожарных, уровень карбоксигемоглобина в течение долгого времени может быть до 5 %. В ряде работ, как отечественных, так и зарубежных, определено, что уровни карбоксигемоглобина не должны превышать 2 % [5].

Токсическое действие оксида углерода проявляется в органах и тканях, потребляющих много кислорода. Гемическая гипоксия, формирующаяся при хроническом отравлении угарным газом, вызывает изменения регуляции ферментных систем, что приводит к нарушениям деятельности сердечно-сосудистой системы, изменению артериального давления, формированию артериальной гипертензии. Возникают отклонения со стороны эндокринной системы, в функциях щитовидной железы и надпочечников. Основной мишенью при гемическом типе гипоксии является нервная система, особенно остро реагирует центральная нервная система. Наиболее часто это проявляется в виде напряжения функциональных систем дыха-

ния и кровообращения. Поражающее действие оксида углерода на нервную систему не может быть объяснено только развитием гемической гипоксии. По мнению ряда авторов, частичное объяснение отдаленных неврологических нарушений могут представить патогенетические механизмы отравления CO, связанные с реоксигенационным повреждением, активацией процессов свободнорадикального окисления, появлением амино- и нейротрансмиттеров. Ключевым звеном данных патогенетических механизмов является связывание оксида углерода с различными металлоферментами: цитохромоксидазой, гуанилатциклазой, цитохромом Р-450, триптофан оксигеназой, дофамин гидроксилазой и др. [3, 4, 6–8]. Поэтому нарушения со стороны нервной системы имеют комбинированный характер, а их развитие является вторичным.

На первом этапе работы были определены концентрации CO в приземном воздухе при пожаротушении на 56 объектах различной локализации с применением газоанализатора, оснащенного зондом угарного газа типа FYA600CO, а как маркер воздействия монооксида углерода в настоящем исследовании был использован показатель содержания карбоксигемоглобина в крови. В связи с коротким периодом полураспада COHb исследования выполнялись непосредственно после пожаротушения и через 3 и 8 ч после окончания работ по ликвидации пожара с помощью прибора Micro CO, позволяющего получать информацию о концентрации CO в выдыхаемом воздухе в ppm и % COHb.

В зоне пожаротушения полученные средние концентрации монооксида углерода в воздухе составляли от 572,3 ± 2,7 мг/м^3 на сельскохозяйственных объектах до 650,7 ± 3,4 мг/м^3 на промышленных предприятиях. Через сутки после ликвидации пожара концентрации CO в приземном воздухе снижались практически до ПДК в воздухе рабочей зоны и составляли на сельскохозяйственных и лесных объектах от 14,4 ± 0,8 до 16,7 ± 0,4 мг/м^3, на промышленных предприятиях и в жилых домах – от 24,5 ± 0,3 до 31,2 ± 0,5 мг/м^3.

Содержание карбоксигемоглобина в крови обследованных лиц после пожаротушения составило 24,6 ± 0,6 – 28,4 ± 0,7 %, через 3 ч – 20,9 ± 0,4 – 22,7 ± 0,5 %, через 8 ч – 11,8 ± 0,3 – 14,4 ± 0,6 %. Минимальные значения были получены после ликвидации пожаров на лесных и сельскохозяйственных объектах, максимальные – после ликвидации пожаров на промышленных предприятиях и в жилых домах. Полученные данные свидетельствуют о крайне высоком содержании карбоксигемоглобина в крови пожарных после пожаротушения. При этом через 8 ч после пожаротушения ассоциированный с гемоглобином монооксид углерода (% COHb) в несколько раз превышает нормальные значения.

На втором этапе исследования для оценки функционального состояния организма пожарных с хроническим отравлением монооксидом углерода обследовали 252 сотрудника ФПС МЧС России, занимающихся непосредственно пожаротушением (пожарные). В контрольную группу вошли 86 спасателей, не участвующих непосредственно в пожаротушении. Возраст обследованных лиц составил 32,7 ± 9,2 г.

В зависимости от стажа работы по специальности сотрудники были разделены на три группы: первая группа – стаж работы до года, вторая группа – стаж работы 2–5 лет, третья группа – стаж работы 6 лет и более. Контрольную группу не подразделяли на подгруппы по стажу, так как в группе контроля не было выявлено достоверных различий показателей функционального состояния организма в зависимости от профессионального стажа.

Генотипирование проводили по четырем кандидатным генам-регуляторам метаболизма. Основной метод исследования – полимеразно-цепная реакция (ПЦР). Оценивался полиморфизм генов ACTN3, PPARA, TFAM и PPARGC1A [9–11]. Распространенность отдельных аллелей генов ACTN3, TFAM, PPARA и PPARGC1A у обследуемых пожарных представлена в табл. 1.

Таблица 1

Распространенность отдельных аллелей генов ACTN3, TFAM, PPARA и PPARGC1A у обследуемых пожарных

Ген	Аллель	Частота, %
ACTN3	X	64
	R	36
TFAM	Thr	41
	Ser	49
PPARA	G	67
	C	23
PPARGC1A	Gly	71
	Ser	29

Среди генотипов генов ACTN3, TFAM, PPARA и PPARGC1A обследуемых пожарных превалировали генотипы с аллелями, ассоциированными с преобладанием склонности к аэробному метаболизму (табл. 2). Это обусловливает повышенную выносливость при гипоксической нагрузке [1].

Таблица 2

Распространенность генотипов генов ACTN3, TFAM, PPARA и PPARGC1A у пожарных и в контрольной группе

Количество, %/*n*	ACTN3			TFAM			PPARA			PPARGC1A		
	X/X	R/X	R/R	Thr/Thr	Thr/Ser	Ser/Ser	G/G	G/C	C/C	Gly/Gly	Gly/Ser	Ser/Ser
Пожарные (основная группа)												
%	42,3	43,2	14,5	28,7	34,6	36,7	47,3	26,5	26,2	41,4	36,3	22,3
n	107	108	37	72	87	93	121	66	65	105	93	54
Спасатели (контрольная группа)												
%	54,2	31,2	14,6	32,5	38,7	28,8	39,3	21,4	39,3	45,2	32,4	22,4
n	47	27	12	29	33	24	34	18	34	39	28	19

Для оценки функционального состояния систем кровообращения и дыхания определяли частоту пульса, артериальное давление по Короткову. На основе анализа результатов проб с задержкой дыхания (Генча и Штанге) рассчитывали индекс Богомазова по формуле: Индекс Богомазова = $T_{Штанге} + T_{Генча}/90 \cdot 100$, где Т – время. Уровень физической работоспособности определяли с помощью методики PWC_{170} (Вт) на кардиовелотренажере Cardioline XR 100.

В результате проведенных исследований было установлено следующее:

1. Показатели функционального состояния системы кровообращения и физической работоспособности в зависимости от стажа у пожарных с генотипами ACTN3 R/X и ACTN3 X/X по ряду показателей характеризуются более низким уровнем напряжения системы кровообращения, т.е. они демонстрируют более вы-

сокую резистентность к анаэробным условиям, чем гомозиготы с генотипом ACTN3 R/R. Это объясняется тем, что полиморфизм гена ACTN3 ассоциирован с физической выносливостью, при этом генотип X/X благоприятно влияет на выносливость в анаэробных условиях. Функция гена ACTN3 заключается в кодировании белка (α-актинин-3), контролирующего быстроту сокращения мышечных волокон. Полиморфизм гена ACTN3 приводит к замене аргинина (R) в положении 577 в стоп-кодон (X), поэтому гомозиготность по X-аллели связана со снижением белка (α-актинина-3), что негативно сказывается на скоростно-силовых показателях физических качеств человека [1].

2. Анализ генотипов TFAM позволил установить, что пожарные с генотипами TFAM Thr/Thr и TFAM Thr/Ser при профессиональном стаже более двух лет демонстрируют более высокие показатели анаэробных возможностей организма, чем пожарные – носители генотипа TFAM Ser/Ser. Это связано с тем, что полиморфизм гена TFAM приводит к изменению активности митохондриального фактора транскрипции А, что способствует повышению аэробной производительности [11].

3. Выявлено, что пожарные с генотипами PPARA G/G и PPARA G/C по ряду показателей при профессиональном стаже демонстрируют более низкий уровень напряжения системы кровообращения и высокую резистентность к анаэробным состояниям, в отличие от группы с генотипом PPARA C/C. Это связано с тем, что функция гена PPARA заключается в регуляции экспрессии ряда генов, контролирующих пероксисомное и митохондриальное окисление. Полиморфизм гена PPARA, локализованного на 22-й хромосоме в 7-м интроне, где G (гуанин) заменяется на C (цитозин), снижает его экспрессию, что приводит к падению эффективности β-окисления жирных кислот и переключению метаболизма тканей на гликолитический путь [12]. Следовательно, у лиц с генотипом PPARA G/G и PPARA G/C имеет место высокая резистентность к длительной анаэробной нагрузке за счет преобладания склонности к аэробному метаболизму. Это обусловливает повышенную выносливость и высокий уровень функциональных резервов организма.

4. Установлено, что, в отличие от групп с генотипами PPARGC1A Gly/Gly и Gly/Ser, пожарные с генотипом PPARGC1A Ser/Ser отличаются более высоким уровнем напряжения системы кровообращения и более низкой резистентностью к физической нагрузке. Это объясняется тем, что функция гена PPARGC1A заключается в кодировании белка, участвующего в метаболизме мышечных тканей. Полиморфизм, где происходит замена нуклеотида G на A в положении 1444 8-го экзона, вызывает замещение глицина на серин в аминокислотном положении 482 кодируемого белка, что приводит к снижению активации функции митохондрий. При длительных анаэробных условиях возрастает уровень экспрессии PPARGC1A, таким образом, у лиц с генотипами, содержащими аллель G, определяется высокий уровень выносливости и физической работоспособности [13].

Далее по результатам оценки полиморфизма генов, ассоциированных с обменом веществ, 252 обследуемых разделили на две группы: первую группу (1) составили лица с сочетанием аллелей, ассоциированных с преобладанием склонности к аэробному метаболизму (168 человек), во вторую группу вошли 84 обследуемых с различными сочетаниями гомозиготных минорных аллелей. Полученные результаты по некоторым из исследованных показателей функционального состояния организма у пожарных представлены в табл. 3.

Таблица 3

Некоторые показатели функционального состояния организма у пожарных с различными сочетаниями аллелей по генам ACTN3, TFAM, PPARA и PPARGC1A, $M \pm m$

Показатель	Пожарные (основная группа)						Спасатели (контрольная группа)	
	стаж до года		стаж 2–5 лет		стаж 6 лет и более		группы	
	группы		группы		группы			
	1	2	1	2	1	2	1	2
ЧП, уд/мин	72,3 ± 0,4#	77,2 ± 0,5	78,3 ± 1,7#*	86,4 ± 1,4*	82,3 ± 1,8#	87,5 ± 2,7*	70,9 ± 0,6	75,3 ± 0,3
Индекс Богомазова	123,2 ± 2,4	115,7 ± 2,1	119,5 ± 2,6#	111,8 ± 2,3	109,4 ± 2,1*#	77,9 ± 2,5*	122,9# ± 2,7	118,3 ± 2,4
Мощность нагрузки PWC_{170}, Вт	357,7 ± 6,4#	329,4 ± 6,9	309,6 ± 7,2*	261,8 ± 8,4*	245,4 ± 9,2#	205,1 ± 7,6*	348,5# ± 5,3	334,5 ± 4,2

Примечание: * – различия относительно группы контроля, ($p \leq 0,01$); # – к группе 2, $p \leq 0,01$.

Полученные результаты свидетельствуют о напряжении функциональных систем организма пожарных в зависимости от профессионального стажа. Наибольшее напряжение физиологических систем кровообращения и дыхания наблюдается у пожарных – носителей минорных аллелей генов регуляторов метаболизма. Вероятно, наибольший весовой вклад в формирование этих изменений вносит хроническое отравление монооксидом углерода. Это подтверждается тем, что наибольшие негативные изменения определяются у носителей полиморфных вариантов генов регуляторов метаболизма, связанных с уменьшением аэробной производительности.

Список литературы

1. Глотов О.С., Глотов А.С., Асеев М.В. Способ определения предрасположенности человека к различным видам физической работоспособности и генетическая панель для осуществления этого способа: патент на изобретение № 2339701. – М., 2008.

2. Ингаляционная травма (обзор литературы) / Е.А. Жиркова, Т.Г. Спиридонова, П.А. Брыгин, А.В. Макаров, А.В. Сачков // Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского. – 2019. – Т. 8, № 2. – С. 166 –174.

3. Казанцев С.Я., Красильников В.И. Медицинские и биологические аспекты поражения организма угарным газом // Актуальные проблемы медицины и биологии. – 2019. – № 1. – С. 13–16.

4. Курсов С.В. Монооксид углерода: физиологическое значение и токсикология // Медицина неотложных состояний. – 2015. – № 6 (69). – С. 9–16.

5. Мартинович Н.В., Татаркин И.Н. Исследование содержания монооксида углерода в организме сотрудников пожарно-спасательных подразделений при выполнении работ по тушению пожаров // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2014. – № 1 (5). – С. 306–309.

6. Особенности отравлений монооксидом углерода и их лечение / А.В. Игошина, В.Ю. Николенко, А.В. Тищенко, О.Ю. Николенко, И.А. Боева, Ю.С. Ринсевич // Университетская клиника. – 2016. – Т. 12, № 1. – С. 83–88.

7. Толкач П.Г., Башарин В.А., Сарманаев С.Х. Перспективные направления коррекции нейротоксических нарушений при поражении монооксидом углерода (обзор литературы) // Токсикологический вестник. – 2017. – № 2 (143). – С. 27–34.

8. Фаткуллин К.В., Гильманов А.Ж., Костюков Д.В. Клиническое значение и современные методологические аспекты определения уровня карбокси- и метгемоглобина в крови // Практическая медицина. – 2014. – № 3 (79). – С. 17–21.

9. DNA elution from buccal cells stored on Whatman FTA Classic Cards using a modified methanol fixation method / H. Johanson [et al.] // Botechniques. – 2009. – Vol. 46 (4). – P. 309–311.

10. Masud S., Ye S. Effect of the peroxisome proliferator-activated receptor-γ gene Pro12Ala variant on body mass index: a meta-analysis // Journal of medical genetics. – 2003. – Vol. 40. – P. 773–780.

11. Genetic variation in the peroxisome proliferator-activated receptor-gamma2 gene (Pro12Ala) affects metabolic responses to weight loss and subsequent weight regain / B.J. Nicklas, E.F. van Rossum, D.M. Berman, A.S. Ryan, K.E. Dennis, A.R. Shuldiner // Diabetes. – 2001. – Vol. 50 (9). – P. 2172–2176.

12. Stefan N. Genetic variations in PPARD and PPARGC1A determine mitochondrial function and change in aerobic physical fitness and insulin sensitivity during lifestyle intervention // J. clin. endocr. metab. – 2007. – Vol. 92. – P. 1827–1833.

13. The Gly482Ser genotype at the PPARGC1A gene and elevated blood pressure: a meta-analysis involving 13,949 individuals / K.S. Vimaleswaran [et al.] // J. appl physiol. – 2008. – Vol. 105 (4). – P. 1352–1358.

Актуальные вопросы профессиональной заболеваемости в Республике Коми

А.В. Винникова, А.М. Повалишина, Г.Г. Панчева, Н.А. Осипова, А.И. Рымарь

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Коми, г. Сыктывкар, Россия

Приведены показатели профессиональной заболеваемости работников разных отраслей промышленности Республики Коми. В рамках расследования случаев профессиональных заболеваний и по результатам надзорной деятельности определены основные причины формирования профессиональной патологии у рабочих, а также обстоятельства и условия возникновения хронических профессиональных заболеваний. Дана оценка выполненных работ по анализу риска. Высказано предположение об определении основных направлений деятельности по снижению уровня профессиональной заболеваемости работников, рассмотренных профессий.

Ключевые слова: профессиональная заболеваемость, Республика Коми, причины и условия возникновения, оценка риска.

Условия трудового процесса – один из основных факторов риска формирования профессиональной и профессионально обусловленной патологии. Вопросы сохранения здоровья работающего населения – одно из основных направлений в области трудовых отношений, охраны труда и обеспечения работодателем здоровых и безопасных условий труда, профилактики профессиональных заболеваний.

Уровень профессиональной заболеваемости в Республике Коми остается значительным и не имеет тенденции к снижению. Республика Коми является промышленным регионом с наличием приоритетных в гигиеническом плане отраслей промышленности: добыча полезных ископаемых; добыча топливно-энергетических полезных ископаемых; целлюлозно-бумажное производство; производство и распределение электроэнергии, газа и воды; строительство; транспорт и связь.

На протяжении ряда лет показатели профессиональной заболеваемости в Республике Коми остаются крайне высокими, существенно превышают среднероссийский показатель, и не имеют стойкой тенденции к снижению (таблица).

Показатель профессиональной заболеваемости в регионе и РФ
за период 2011–2018 гг. (на 10000 работников)

Территория	Год								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Российская Федерация	1,92	1,71	1,79	1,74	1,65	1,47	1,31	1,17	1,03
Республика Коми	8,68	6,95	10,59	9,47	10,11	10,64	13,12	9,32	6,43

Наибольшее количество профзаболеваний регистрируется на нескольких административных территориях региона, где развита подземная добыча угля и нефти, эксплуатация авиационного транспорта.

Анализ абсолютных и относительных значений показал, что более 98 % всех случаев суммарно за период 2011–2018 гг. зарегистрировано на четырех административных территориях региона: г. Воркута, Инта, Ухта и Сыктывкар. На данных административных территориях расположены отрасли промышленности, на предприятиях которых отмечено подавляющее большинство зарегистрированных случаев профессиональной заболеваемости: г. Воркута – угольные шахты (57,36 %), г. Инта – угольные шахты (31,47 %), г. Ухта – нефтяные шахты (4,23 %), г. Сыктывкар – авиапредприятие (5 %). И если угольные шахты и авиационные предприятия являются традиционными хозяйствующими субъектами, на объектах которых регистрируется профессиональная заболеваемость, то шахтная добыча нефти является эксклюзивной и не имеющей аналогов для Российской Федерации и, очевидно, требует углубленного изучения с целью определения и надлежащего обоснования системы профилактических мероприятий.

Неудовлетворительное состояние условий труда, длительное воздействие вредных производственных факторов на организм работающих явилось основной причиной формирования у работающих профессиональной патологии.

Традиционно основными причинами является несовершенство технологических процессов и оборудования. Обстоятельствами и условиями возникновения хронических профзаболеваний в 2019 г. послужили: конструктивные недостатки машин – 84,25 %, неисправность машин – 12,67 %, несовершенство рабочих мест – 3,08 %.

Структура профессиональных заболеваний в Республике Коми существенно не меняется. В 2019 г. преобладали заболевания, связанные с физическими пере-

грузками и функциональным перенапряжением отдельных функций и систем (57,0 %); на втором месте – заболевания и их последствия, связанные с воздействием производственных физических факторов (25,3 %). В структуре вторых основное место занимает нейросенсорная тугоухость – 66,0 %, что более чем на 10 % превышает аналогичный показатель по Российской Федерации [2]. На третьем месте заболевания, вызванные воздействием производственных химических факторов (17,7 %). В разрезе данной группы заболеваний основное место занимают хронический пылевой бронхит – 82,8 %, хронический профессиональный и хронический обструктивный (астматический) бронхиты – 5,7 % [1].

В структуре профессиональной патологии в Российской Федерации зависимости от воздействующего вредного производственного фактора по-прежнему на первом месте: профессиональная патология вследствие чрезмерного воздействия на организм работников физических факторов производственных процессов, доля которых в 2019 г. возросла и составила 51,15 %. Второе ранговое место за профессиональной патологией вследствие воздействия физических перегрузок и перенапряжения отдельных органов и систем – 22,71 %. Третье и четвертое места за профессиональными заболеваниями от воздействия промышленных аэрозолей – 16,11 % и заболеваниями (интоксикациями), вызванными химическими веществами, – 6,33 %.

Распределение по основным нозологическим формам в группе профессиональных заболеваний, обусловленных воздействием физических факторов трудового процесса: в 2019 г. превалирует нейросенсорная тугоухость – 54,38 % от количества всех заболеваний в группе, что меньше, чем по Республике Коми.

Высокий удельный вес данной профессиональной патологии, практически не меняющийся на протяжении ряда лет (более 60 %), – фактические уровни шума на рабочих местах – позволили определить данный вредный производственный фактор как приоритетный в учете и системе подготовки профилактических мероприятий.

Проводимая хозяйствующими субъектами в последние годы масштабная реконструкции на данных объектах в первую очередь касается поверхностных (наземных) объектов и практически не затрагивает условий труда в шахтах. Хотя следует отметить, что закупаемое новое технологическое оборудование и инструменты в значительной степени приближаются к понятию «соответствие нормативным требованиям по параметру генерируемого шума». Вместе с тем использование оборудования и инструмента в условиях замкнутого (ограниченного) пространства шахтных выработок и наличия нескольких источников шума по-прежнему создают условия, при которых на рабочих местах уровни шума существенно превышают допустимые значения.

Принятый нормативный правовой документ СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», содержащий по одному из ключевых вредных производственных факторов (шум) положения о проведении для отдельных отраслей (подотраслей) экономики оценки профессионального риска здоровью работающих, для рабочих мест на которых не обеспечено соблюдение установленных гигиенических нормативов (не более 80 дБА), с позиции Управления Роспотребнадзора предполагал возможность кардинального изменения фактически сложившейся ситуации на предприятиях вышеуказанных отраслей промышленности.

Вместе с тем время, прошедшее с момента начала действия указанного документа, и надзорный опыт показали, что ситуация практически не изменилась, и связано это не с показателями профессиональной заболеваемости, которые имеют существенную инертность, а с качеством выполненных работ по оценке риска.

Имеющиеся в распоряжения Управления Роспотребнадзора по Республике Коми несколько работ по оценке риска здоровью работающих, выполненные как исполнение предписаний, выданных по результатам плановых выездных проверок в отношении крупных хозяйствующих субъектов, показали их существенное отличие друг от друга, хотя в основу были положены положения Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки».

В частности, только одна из всех имеющихся работ содержала в выводах обоснование вероятности развития профессиональной сенсоневральной тугоухости (ПСНТ) различной степени в соответствии с принятыми при оценке прогнозными моделями.

Управление как надзорный орган не имеет возможности отказать в приеме выполненной работы по оценке риска, так как отсутствует надлежащее нормативное правовое регулирование методов и методологий выполнения указанных работ.

Выводы:

1. Отсутствие в методических документах Роспотребнадзора принципов, позволяющих в выводах по оценке риска обязательно указывать возможные ограничения по продолжительности деятельности (работы) в определенных профессиях, определяет настоятельную необходимость совершенствования нормативного правового регулирования данного вопроса, что и было отмечено в решении коллегии Роспотребнадзора «Условия труда в системе работающих как фактор достижения национальных целей развития Российской Федерации» от 21.02.2020 г.

2. Управление Роспотребнадзора по Республике Коми склонно считать, что отсутствие в выводах выполненных работ по оценке риска каких-либо данных, указывающих на возможность ограничения сроков деятельности (работы) в определенных профессиях, не позволит работодателю и службам по охране труда обеспечить надлежащий контроль за их соблюдением (ограничением).

Список литературы

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Российской Федерации» по Республике Коми в 2019 году: Государственный доклад / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Коми. – Сыктывкар, 2020. – 138 с.

2. 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.

Возрастная структура популяционного иммунитета против кори

А.А. Панкина, А.Ю. Бражников

Территориальный отдел Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по городу Москве в Северо-Западном административном округе города Москвы, г. Москва, Россия

В настоящее время вакцинация против коревой инфекции не только не теряет своего значения, но и становится все более востребованной, поскольку позволяет предупредить возникновение случаев заболевания корью не только среди детского населения, но и среди взрослого. Представлены результаты регрессионного анализа литературных данных, опубликованных с 2005 по 2017 г., цель которого – выявление закономерностей возрастной структуры популяционного иммунитета против кори.

Ключевые слова: корь, популяционный иммунитет, эпидемиология, поствакцинальный иммунитет, серологический мониторинг, антитела.

До вакцинации, которая была начата в 60-е гг., отмечалось большое количество случаев смерти от коревой инфекции, особенно среди детского населения. Именно вакцинация является самым надежным и единственным эффективным способом борьбы с данной инфекцией. Так, с 2000 по 2016 г. было предотвращено 20 400 000 смертей. Тем не менее корь продолжает оставаться актуальной проблемой здравоохранения, так как отмечается рост заболеваемости во многих странах Европейского региона, в том числе в России.

С 2016 г. отмечается рост числа случаев кори как в Европейском регионе, так и в Соединенных Штатах Америки. В 2017 г. в Европейском регионе этот показатель вырос в четыре раза, по сравнению с 2016 г., и составил 22 360 случаев, а в 2018 г. вырос еще в четыре раза и составил 82 596 случаев. На 1 февраля 2019 г. в Соединенных Штатах Америки этот показатель составил 372 случая, то есть по сравнению с 2016 г. число случаев выросло в четыре раза.

В 2016 г. в Европейском регионе было 17 летальных исходов, которые все были зарегистрированы в Румынии, в 2017 г. число случаев смерти увеличилось в 2,3 раза и составило 39, а в 2018 г. их количество увеличилось еще в два раза и составило 72 случая.

Несмотря на то что самые высокие показатели заболеваемости регистрируются среди детей, взрослые вносят значительный вклад в общее число заболевших. По данным ВОЗ, в 2017 г. 42 % случаев кори в Европе приходилось на лиц старше 15 лет. В первой половине 2018 г. в регионе доля взрослых среди заболевших корью возросла до 51 %. Поэтому возникает необходимость изучения закономерностей возрастной динамики противокоревого иммунитета с целью предотвращения случаев кори не только среди детского населения, но и среди взрослых.

Цель исследования – выявление закономерностей возрастной структуры популяционного иммунитета против кори путем количественного анализа литературных данных.

Материалы и методы. Проведен регрессионный анализ 30 отечественных и 10 зарубежных работ, опубликованных с 2005 по 2017 г. В качестве значения переменной «возраст» принималось среднее значение возрастного диапазона, для которого в конкретной работе приводились данные о доле серонегативных лиц. Для полученного массива данных находилось уравнение регрессии, дающее максимальную достоверность аппроксимации (R^2).

Результаты. Из каждой статьи были получены данные: год исследования; контингент исследуемых; возраст; количество исследуемых; процент серонегативных лиц; абсолютное число неиммунных. Дополнительно были внесены данные о заболеваемости корью в изучаемых субъектах в различные временные периоды. Оказалось, что литературные данные по отдельным территориям противоречивы (рис. 1). Высокая заболеваемость может сочетаться как с высоким, так и низким процентом серонегативных лиц, и наоборот.

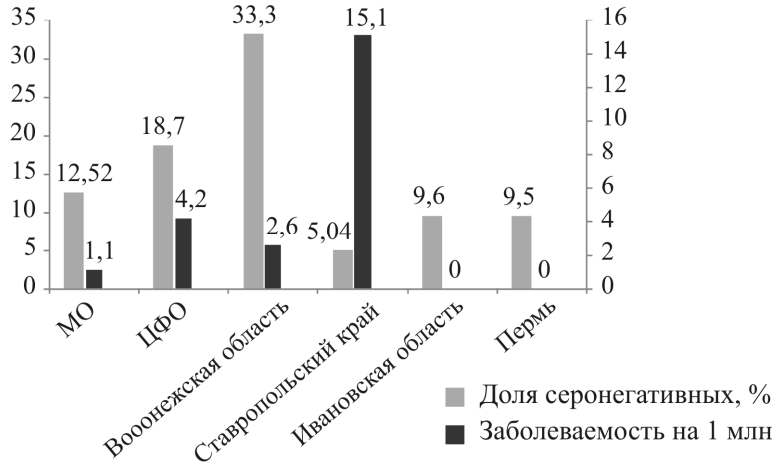


Рис. 1. Доля серонегативных лиц и заболеваемость корью населения РФ в 2011 г.

Литературные данные свидетельствуют о том, что основной вклад в процент серонегативных лиц вносят старшие возрастные группы. Так, в Ставропольском крае в 2011 г. доля возрастной группы до 16 лет в проценте неиммунных лиц была равна 9,4 %; а доля возрастной группы старше 16 лет внесла наибольший вклад в долю серонегативных лиц и составила 15,8 %. Такая же особенность характерна и для временного диапазона с 2013 по 2015 г., и для других территорий (рис. 2).

Так как деление на возрастные группы в публикациях не совпадало, для математического анализа в качестве возраста принималась средняя величина возрастного диапазона, для которого в конкретной работе приводились данные о доле серонегативных лиц. Полученные значения подвергались статистической обработке как единый массив данных. Самые высокие доли серонегативных отмечаются среди детей до года, с резким падением к двум годам. В дальнейшем доля неиммунных растет до определенного, различного для отдельных лет и территорий возраста (рис. 3).

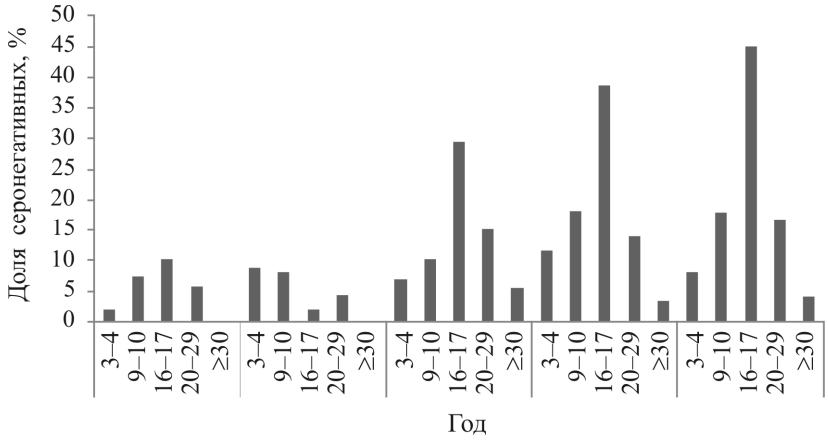


Рис. 2. Доля различных возрастных групп среди серонегативных лиц в Ставропольском крае в 2011–2015 гг.

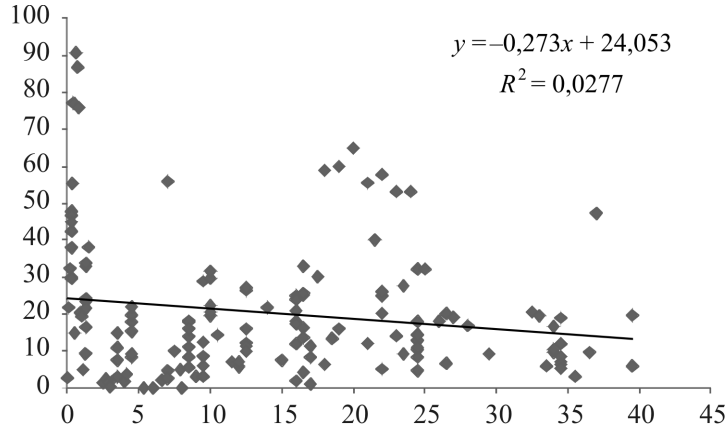


Рис. 3. Распределение доли серонегативных лиц с учетом возраста (по данным 40 статей [1–40], 2005–2017 гг.)

Для дальнейшего анализа были взяты данные возрастных групп старше двух лет, т.е. возраста завершения плановой вакцинации. Регрессионный анализ показал, что взаимосвязь между возрастом и долей серонегативных не носит линейного характера ($p = 0{,}42$; $R^2 = 0{,}004$), но возрастная динамика противокоревого популяционного иммунитета хорошо описывается уравнением квадратичной регрессии ($p = 0{,}000443$; $R^2 = 0{,}097$). В соответствии с полученным уравнением после двух лет жизни идет нарастание количества неиммунных лиц. Максимальных значений (19,0–19,5 %) доля серонегативных к кори достигает в возрастном интервале 22–33 лет, после чего их количество начинает постепенно снижаться (рис. 4). В целом описанная динамика хорошо согласуется с фактическими данными. Возможным механизмом развития обнаруженной закономерности является снижение поствакцинального иммунитета с возрастом и последующее формирование естественного активного постинфекционного иммунитета у переболевших корью взрослых.

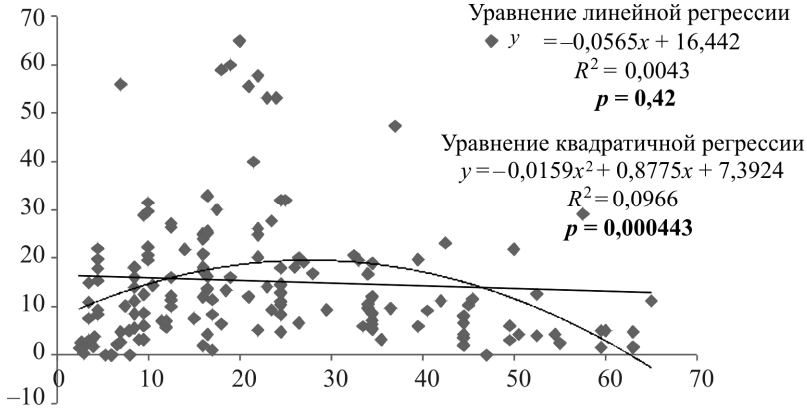


Рис. 4. Распределение доли серонегативных лиц с учетом возраста (по данным 40 статей [1–40], 2005–2017 гг.)

Выводы:

1. Взрослое население составляет значительную долю лиц, неиммунных к кори.

2. Данные о двукратной вакцинации не являются свидетельством невосприимчивости к коревой инфекции.

Список литературы

1. Боев М.В., Боев В.М., Борисов С.Д. Особенности формирования поствакцинального иммунитета у населения моногородов и сельских поселений // Гигиена и санитария. – 2012. – №. 3. – С. 19–21.

2. Боев М.В., Кряжев Д.А., Боев В.М. Влияние факторов окружающей среды на формирование поствакцинального иммунитета // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 52–54.

3. Вакцинопрофилактика кори и эпидемического паротита у детей в современных условиях / И.Л. Соловьева [и др.] // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2013. – № 4.– С. 47–53.

4. Викторова Т.Н., Шалгинова Е.Ю. О результатах серологических исследований напряженности противокоревого иммунитета у медицинских работников Республики Хакасия // Инфекция и иммунитет. – 2012. – Т. 2, № 1–2. – С. 505–506.

5. Галимов Р.Р., Петухова М.Б. Особенности эпиднадзора за корью на территории Республики Коми в условиях регистрации локальных вспышек на территории Российской Федерации // Инфекция и иммунитет. – 2012. – Т. 2, № 1–2. – С. 506.

6. Губернаторова В.В., Мукатдисова З.Г., Ефимов А.К. Эпидемиологическая ситуация по заболеваемости корью В Ивановской области // Инфекция и иммунитет.– 2012. – Т. 2, № 1–2. – С. 507.

7. Длительность и напряженность поствакцинального гуморального иммунитета к вирусам кори, паротита и краснухи / А.И. Заргарьянц [и др.] // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2005. – №. 5. – С. 15–19.

8. Изучение уровня иммунитета к вирусу кори в отдельных группах населения Гвинейской Республики в рамках глобальной программы элиминации кори. Сообщение / А.Ю. Попова [и др.] // Инфекция и иммунитет. – 2016. – Т. 6, № 4.– С. 353–358.

9. Изучение уровня иммунитета к вирусу кори в отдельных группах населения Гвинейской республики в рамках глобальной программы элиминации кори. Сообщение 2 / А.Ю. Попова [и др.] // Инфекция и иммунитет. – 2017. – Т. 7, № 1. – С. 79–83.

10. Казаева О.В., Форостов С.Д. Особенности коллективного иммунитета к коревой инфекции в учреждениях пенитенциарной системы по результатам серологического мониторинга // Наука молодых (Eruditio Juvenium). – 2013. – № 3. – С. 68–70.

11. Клинико-эпидемиологические аспекты современной кори в Алтайском крае / Н.В. Лукьяненко [и др.] // Медицинский альманах. – 2015. – № 5 (40). – С. 122–125.

12. Короткова В.А., Хомичук Т.Ф., Щелканов М.Ю. Вопросы эпидемиологического надзора и профилактики кори, краснухи в Приморском крае // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2015. – Т. 62, № 4.– С. 124–129.

13. Лыткина И.Н., Михеева И.В. Унификация системы управления эпидемическим процессом кори, эпидемического паротита и краснухи // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2011. – №. 1 (56). – С. 9–16.

14. Манчук Т.В., Новицкий И.А. Характеристика заболеваемости управляемыми инфекциями и поствакцинального иммунитета среди малочисленных народностей Таймырского АО. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2004. – С. 3–8.

15. Некоторые аспекты изучения популяционного иммунитета к кори, эпидемическому паротиту и краснухе на территории Приморского края / Е.М. Ибрагимова [и др.] // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2005. – №. 3. – С. 21–23.

16. Оценка фактической восприимчивости отдельных групп декретированного населения к вирусам кори, краснухи и эпидемического паротита / А.В. Ноздрачева [и др.] // Вестник Российского государственного медицинского университета. – 2017. – № 5. – С. 58–62.

17. Оценка напряженности противокоревого иммунитета у медицинских работников г. Перми / Е.В. Сармометов [и др.] // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2011. – № 4 (59). – С. 45–48.

18. Пострегистрационная оценка отечественных и зарубежных вакцин для профилактики кори, эпидемического паротита и краснухи / Л.А. Гайдерова [и др.] // Биопрепараты. Профилактика, диагностика, лечение. – 2013. – №. 1 (45). – С. 16–22.

19. Результаты исследования уровня противокоревого иммунитета у медицинских работников МСЧ МВД России по Амурской области / Е.В. Александрович [и др.] // Медицинский вестник МВД. – 2016. – № 5 (84). – С. 39–41.

20. Результаты исследования уровня противокоревого иммунитета у медицинских работников Воронежской области / Л.В. Штейнке [и др.] // Инфекция и иммунитет. – 2012. – Т. 2, № 1–2. – С. 524.

21. Результаты серологического исследования напряженности иммунитета к кори у медицинских работников / Е.В. Лищук [и др.] // Инфекция и иммунитет. – 2012. – Т. 2, № 1–2. – С. 513–514.

22. Серологический мониторинг состояния иммунитета к коревой инфекции в Ставропольском крае в 2011–2015 гг./ И.В. Ковальчук [и др.] // Здоровье населения и среда обитания: материалы науч.-практ. конф. – 19-я ежегодная Неделя медицины Ставрополья. – Ставрополь: Параграф, 2015 – С. 29–33.

23. Состояние поствакцинального иммунитета к вакциноуправляемым инфекциям среди населения КР / М.С. Низалиева [и др.] // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2017. – № 4.– С. 447–450.

24. Состояние специфического иммунитета к вирусам кори и краснухи у новорожденных и их матерей / Н.Т. Тихонова [и др.] // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2017. – Т. 16, №. 6 (97). – С. 14–20.

25. Сылка О.И., Харсеева Г.Г., Леонова И.А. Напряженность иммунитета к вирусу кори у населения г. Ростова-на-Дону // Журнал фундаментальной медицины и биологии. – 2013. – № 1.– С. 41–43.

26. Уровень IgG-антител к вирусу кори в пуповинной крови новорожденных с учетом возраста матерей / М.П. Костинов, А.Д. Шмитько, И.И. Бочарова, А.П. Черданцев, А.А. Сависько, В.Б. Полищук // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2014. – № 3. – С. 30–34.

27. Частота обнаружения антител к вирусам кори, краснухи и эпидемического паротита у зарегистрированных в Московской области иностранных граждан (трудовых мигрантов) / Т.А. Семененко [и др.] // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2017. – Т. 16, № 3 (94). – С. 11–15.

28. Чумаченко Т.А., Колоколова О.Б., Верезуб Л.Г. Проблема элиминации кори в Украине // Детские инфекции. – 2007. – Т. 6, № 3.– С. 35–38.

29. Эпидемиологическая ситуация по заболеваемости корью в Москве на этапе элиминации инфекции / А.М. Запольских [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2012. – №. 9. – С. 9–11.

30. Юревич М.А., Никитюк Н.Ф. Результаты изучения противокоревого иммунитета у военнослужащих // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – № 12. – С. 18–20.

31. Age-related changes in serological susceptibility patterns to measles: results from a seroepidemiological study in Dongguan, China / Y. Xiong [et al.] // Human vaccines & immunotherapeutics. – 2014. – Vol. 10, №. 4. – P. 1097–1103.

32. Analysis of measles immunity level and serological susceptibility among Yunnan residents aged≥ 20 years / Z.X. Zhao [et al.] // Zhonghua yu fang yi xue za zhi [Chinese journal of preventive medicine]. – 2018. – Vol. 52, №. 1. – P. 50–54.

33. Hazlina Y., Marlindawati M.A., Shamsuddin K. Serological assessment of the establishment of herd immunity against measles in a health district in Malaysia // BMC infectious diseases. – 2016. – Vol. 16, №. 1. – P. 740.

34. Identify the susceptibility profile to measles in the general population: Serological survey of measles antibodies in Shaanxi province, China, in 2016 / L Pei. [et al.] // Vaccine. – 2017. – Vol. 35, №. 52. – P. 7250–7255.

35. Measles seroprevalence in Chiradzulu district, Malawi: Implications for evaluating vaccine coverage / J.A. Polonsky [et al.] // Vaccine. – 2015. – Vol. 33, № 36. – P. 4554–4558.

36. Revealing Measles Outbreak Risk With a Nested IgG Serosurvey in Madagascar / A.K. Winter [et al.] // American journal of epidemiology. – 2018. – Vol. 187 (10). – P. 2219–2226.

37. Satisfactory measles, mumps, rubella and varicella seroprevalence in adult refugees in Western Europe – but don't forget the kids [Электронный ресурс] / A. Jablonka [et al.] // Semantic scholar. – URL: https://www. semanticscholar.org/paper/Satisfactory-Measles-%2C-Mumps-%2C-Rubella-and-in-Adult-Jablonka-Happle/66c891ae65bcdb8c684ac585a6c2ac046027908d? p2df (дата обращения: 22.08.2020).

38. Serological survey of measles immunity in the Czech Republic, 2013 / H. Tomášková [et al.] // Central European journal of public health. – 2018. – Vol. 26, №. 1. – P. 22–27.

39. Seroprevalence of vaccine-preventable diseases among young children in the United Arab Emirates / L.A. Al-Mekaini [et al.] // International Journal of Infectious Diseases. – 2016. – Vol. 50. – P. 67–71.

40. The epidemiological and serological characteristics of measles in Dongguan, China, 2005–2014 / K. Han [et al.] // Human vaccines & immunotherapeutics. – 2016. – Vol. 12, № 8. – P. 2181–2187.

Раздел VI

Оценка и управление рисками для здоровья детей и подростков в местах проживания, в образовательных учреждениях, организациях отдыха и оздоровления

Влияние дифференцированной организации физического воспитания младших школьников на уровень риска избыточной массы тела

О.В. Моргачёв

ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии»,
г. Москва, Россия

Гигиеническая оценка риска возникновения избытка массы тела у 265 младших школьников показала, что у мальчиков при традиционной организации физического воспитания в сравнении с двумя вариантами дифференцированной по полу его организации относительный риск составил в конце учебного года 1,41 и 1,47 соответственно; этиологическая доля – 29,3 и 31,9 % соответственно. У девочек во всех группах уровни риска избытка массы тела не различались. Результаты исследования свидетельствуют о положительном влиянии дифференцированной организации физического воспитания младших школьников наряду с другими факторами на снижение риска возникновения избытка массы тела у мальчиков, что позволяет использовать дифференцированный подход для повышения профилактической и оздоровительной эффективности школьных уроков физической культуры.

Ключевые слова: оценка риска, гигиена детей, младшие школьники, дифференцированный подход.

Научное обоснование методологических подходов к управлению рисками здоровью и развития детского населения является актуальной задачей современной школьной гигиены [2, 7, 9].

Выявляемые в детском возрасте нарушения морфофункционального развития являются предикторами повышенного риска возникновения различных неинфекционных заболеваний и патологических состояний в последующие периоды жизни человека. Для образа жизни современных школьников характерны такие существенные факторы, увеличивающие риски нарушения функционального состояния организма, как резкое сокращение двигательного режима, интенсификация учебной деятельности, увеличение числа уроков с применением технических средств, распространение вредных привычек [9, 10].

Негативное влияние на рост, развитие и здоровье детей оказывает малоподвижный образ жизни, приводящий к появлению избыточной массы тела и ожирению. Среди современных детей отмечается высокая степень загруженности, связанная с посещением дополнительных занятий статического характера. Продолжительность компьютерных игр, превышающая гигиенические нормативы, отмечается почти у каждого третьего ребенка в будние дни и почти у половины детей в выходные дни [14].

В разных странах у 26,0–60,8 % детей с ожирением (в младшем школьном возрасте – у 28,7 %), диагностируется неалкогольная жировая болезнь печени (НАЖБП), из которой впоследствии развиваются такие серьезные заболевания, как гепатит, цирроз, рак печени [18–20].

Исследования распространенности НАЖБП в России показывают рост заболеваемости данной патологией среди населения с 27,0 % в 2007 г. до 37,3 % в 2014 г. При этом отмеченный рост заболеваемости приходится в первую очередь на моло-

дые возрастные группы трудоспособного населения 18–39 лет [12], в связи с чем особое значение имеют выявление ранних признаков и профилактика НАЖБП среди детей и подростков.

Избыточный вес и ожирение связаны с повышенными уровнями биохимических маркеров поражения печени, что указывает на необходимость профилактики и лечения избыточного веса и ожирения у обучающихся [19].

Согласно материалам Всемирной организации здравоохранения, в 2013–2014 гг. среди российских школьников рекомендованный уровень двигательной активности имели только 25 % мальчиков и 15 % девочек [15], что обусловливает актуальность научного поиска и гигиенического обоснования возможных путей оптимизации образа жизни детей и снижения рисков нарушений их развития и здоровья.

Российскими и зарубежными гигиенистами, физиологами, педагогами отмечается, что при оценке состояния здоровья и развития следует учитывать особенности детей разного пола [1, 3, 16]. Дифференцированный подход к нормированию факторов среды обитания и образа жизни школьников, организации условий и режимов их обучения и воспитания – один из основополагающих принципов гигиены детства. Учет половых различий мальчиков и девочек при организации образовательного процесса позволяет поддерживать устойчивый уровень работоспособности детей, способствует повышению эффективности учебной деятельности и минимизации физиологической стоимости образовательных нагрузок.

На необходимость учета половой принадлежности детей при организации образовательной деятельности также указывают результаты многолетних исследований состояния здоровья мальчиков и девочек [6, 8, 11].

Морфологические и функциональные особенности развития мальчиков и девочек младшего школьного возраста свидетельствуют о наличии гигиенических предпосылок для дифференциации учебно-воспитательного процесса, в том числе физического воспитания, в зависимости от пола, начиная с первых лет обучения в школе, в целях создания наиболее благоприятных условий для гармоничного развития детей, сохранения и укрепления их здоровья, поддержки оптимального функционирования организма [4, 5].

Таким образом, научно обоснованный дифференцированный подход к организации занятий физическим воспитанием в младшей школе создает возможности для управления рисками здоровью и гармоничному развитию детей за счет использования организационных резервов образовательных организаций.

Цель исследования – изучить влияние дифференцированной организации физического воспитания младших школьников на уровень риска избыточной массы тела.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 265 детей (124 мальчика и 141 девочка) младшего школьного возраста, обучающихся в образовательных учреждениях г. Москвы и Московской области в условиях традиционной и двух различных моделей дифференцированной по полу организации физического воспитания.

В рамках модели № 1 рассмотрена группа из 96 детей (47 мальчиков и 49 девочек, далее – группа ДО-1), занимающихся физической культурой в течение учебного года с общей для мальчиков и девочек подготовительной и заключительной частями урока и разделением на подгруппы детей разного пола на время проведения основной части урока.

В рамках модели № 2 в течение учебного года проводились полностью дифференцированные занятия с мальчиками и девочками на уроках физической культуры – 119 детей (56 мальчиков и 63 девочки, далее – группа ДО-2).

Контрольную группу составили 50 детей (21 мальчик и 29 девочек, далее – группа ТО).

В начале и в конце учебного года проведены обследования детей с целью динамической оценки гармоничности их физического развития по методике комплексной оценки антропометрических данных в соответствии с Федеральными рекомендациями по оказанию медицинской помощи обучающимся ФР РОШУМЗ-1-2014 «Скрининг-обследование обучающихся в образовательных организациях» [13] с расчетом доли детей с гармоничным (нормальным) физическим развитием (ГНФР), избытком массы тела (ИМТ), дефицитом массы тела (ДМТ), высокой длиной тела (ВДТ) и низкой длиной тела (НДТ).

Относительный, атрибутивный риски избыточной массы тела и этиологическая доля (*RR*, *AR* и *EF* соответственно) определялись по правилам доказательной медицины с использованием четырехпольных таблиц сопряженности.

Исследование проведено с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации, Всеобщей декларации о биоэтике и правах человека ЮНЕСКО, Конвенции Совета Европы о защите прав и достоинства человека в связи с применением достижений биологии и медицины. Предварительно от родителей получены письменные информированные согласия на участие их детей в исследовании.

Результаты. Данные проведенных обследований и оценки гармоничности физического развития мальчиков и девочек при традиционной и дифференцированной по полу организации физического воспитания в динамике учебного года представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Физическое развитие мальчиков при традиционной и дифференцированной по полу организации физического воспитания (ФВ) в динамике учебного года

Показатель	Период учебного года	Традиционная организация ФВ	Дифференцированная по полу организация ФВ	
			модель № 1 (группа ДО-1)	модель № 2 (группа ДО-2)
Длина тела, см	Начало года	130,4 ± 1,0	132,7 ± 0,7#	133,8 ± 0,9
	Конец года	134,4 ± 1,0*	136,8 ± 0,7***#	137,1 ± 0,9*
Масса тела, кг	Начало года	32,5 ± 1,1	31,7 ± 0,7	32,9 ± 0,9
	Конец года	36,2 ± 1,1*	35,0 ± 0,7**	35,5 ± 1,0
Доля детей с ГНФР, %	Начало года	66,7 ± 10,3	80,9 ± 5,7	67,9 ± 6,2
	Конец года	57,1 ± 10,8	74,5 ± 6,4	76,8 ± 5,6
Доля детей с ИМТ, %	Начало года	33,3 ± 10,3	14,9 ± 5,2#	25,0 ± 5,8
	Конец года	42,9 ± 10,8	19,1 ± 5,7#	16,1 ± 4,9
Доля детей с ДМТ, %	Начало года	0	2,1 ± 2,1	1,8 ± 1,8
	Конец года	0	0	1,8 ± 1,8
Доля детей с ВДТ, %	Начало года	0	2,1 ± 2,1	3,6 ± 2,5
	Конец года	0	6,4 ± 3,6	3,6 ± 2,5
Доля детей с НДТ, %	Начало года	0	0	0
	Конец года	0	0	0

Примечание: * – достоверность различий в начале и конце года, $p < 0,05$; ** – достоверность различий в начале и конце года, $p < 0,01$; *** – достоверность различий в начале и конце года, $p < 0,001$; # – достоверность различий при разной организации ФВ, $p < 0,05$.

Таблица 2

Физическое развитие девочек при традиционной и дифференцированной по полу организации физического воспитания (ФВ) в динамике учебного года

Показатель	Период учебного года	Традиционная организация ФВ	Дифференцированная по полу организация ФВ	
			модель № 1 (группа ДО-1)	модель № 2 (группа ДО-2)
Длина тела, см	Начало года	129,5 ± 0,8	132,4 ± 0,6##	132,0 ± 0,8
	Конец года	134,1 ± 0,8***	136,5 ± 0,6***#	135,5 ± 0,8**
Масса тела, кг	Начало года	28,9 ± 0,7	31,1 ± 0,6	29,3 ± 0,6
	Конец года	32,8 ± 0,7***	32,9 ± 0,6**	31,8 ± 0,7**
Доля детей с ГНФР, %	Начало года	86,2 ± 6,4	85,7 ± 5,0	92,1 ± 3,4
	Конец года	89,7 ± 5,7	87,8 ± 4,7	90,5 ± 3,7
Доля детей с ИМТ, %	Начало года	10,3 ± 5,7	10,2 ± 4,3	3,2 ± 2,2
	Конец года	10,3 ± 5,7	6,1 ± 3,4	3,2 ± 2,2
Доля детей с ДМТ, %	Начало года	0	2,0 ± 2,0	1,6 ± 1,6
	Конец года	0	4,1 ± 2,8	4,8 ± 2,7
Доля детей с ВДТ, %	Начало года	0	2,0 ± 2,0	0
	Конец года	0	2,0 ± 2,0	1,6 ± 1,6
Доля детей с НДТ, %	Начало года	3,4 ± 3,4	0	3,2 ± 2,2
	Конец года	0	0	0

Примечание: ** – достоверность различий в начале и конце года, $p < 0,01$; *** – достоверность различий в начале и конце года, $p < 0,001$; # – достоверность различий при разной организации ФВ, $p < 0,05$; ## – достоверность различий при разной организации ФВ, $p < 0,01$.

Различия средних значений длины тела выявлены между группами мальчиков как в начале, так и в конце учебного года – мальчики из группы ТО в среднем имели меньшую длину тела, чем из групп ДО-1 и ДО-2. По средним значениям массы тела различия между группами отсутствовали.

Доля мальчиков с ИМТ в начале учебного года была наименьшей в группе ДО-1; наибольшей – в группе ТО. Доля мальчиков с ДМТ, ВДТ и НДТ во всех группах находилась на минимальном уровне.

В динамике учебного года у мальчиков из всех групп произошел прирост длины тела (+4,0 см в группе ТО, $p < 0,05$; +4,1 см – в группе ДО-1, $p < 0,001$; +3,3 см – в группе ДО-2, $p < 0,05$). Средняя масса тела возросла в группах мальчиков ТО и ДО-1 (+3,7 кг в группе ТО, $p < 0,05$; +3,3 кг – в группе ДО-1, $p < 0,01$). В группе ДО-2 средняя масса тела мальчиков не претерпела значимых изменений (+2,6 кг, $p > 0,05$) в связи с тенденцией к снижению доли детей с ИМТ на 8,9 % ($p > 0,05$), в отличие от групп ТО и ДО 1, в которых, напротив, выявлена тенденция к увеличению доли детей с ИМТ на 9,6 и 4,2 % соответственно ($p > 0,05$).

Различия средних значений длины тела выявлены между группами девочек как в начале, так и в конце учебного года – девочки из группы ТО в среднем имели меньшую длину тела, чем из группы ДО-1. По средним значениям массы тела различия между группами отсутствовали.

Доля девочек с ИМТ была наименьшей в группе ДО-2 и в начале, и в конце учебного года; в группах ТО и ДО-1 – практически на одном уровне. Доля девочек с ДМТ во всех группах находилась на минимальном уровне.

В динамике учебного года у девочек из всех групп произошел прирост длины тела (+4,6 см в группе ТО, $p < 0,001$; +4,1 см – в группе ДО-1, $p < 0,001$; +3,5 см –

в группе ДО-2, $p < 0,01$) и массы тела. Наиболее существенно средняя масса тела возросла в группе девочек ТО – на 3,9 кг ($p < 0,001$); наименее существенно – в группе ДО-1 – на 1,8 кг ($p < 0,01$). В группе ДО-2 средняя масса тела девочек возросла на 2,5 кг ($p < 0,01$).

Таким образом, результаты анализа показали, что среди мальчиков 8–10 лет наблюдается бóльшая распространенность избыточной массы тела, чем среди девочек, при этом в динамике учебного года в условиях реализации модели № 2 дифференцированной по полу организации физического воспитания выявлена тенденция к снижению доли мальчиков с избытком массы тела, что указывает на благоприятное влияние дифференцированного по полу подхода к физическому воспитанию на гармоничность физического развития мальчиков.

Для проверки данной гипотезы нами проведен расчет величин относительного (*RR*), атрибутивного (*AR*) риска и этиологической доли (*EF*) избытка массы тела (исход) у детей при традиционной (фактор) и дифференцированной по полу организации физического воспитания в начале и в конце учебного года (табл. 3), а также оценка динамики данных показателей (табл. 4).

При анализе показателей риска избытка массы тела у младших школьников при традиционной и дифференцированной по полу организации физического воспитания выявлено, что уже в начале учебного года у мальчиков в группах ДО-1 и ДО-2 наблюдался пониженный риск избыточной массы тела по сравнению с мальчиками из группы ТО (1,28 и 1,13 соответственно), а в динамике учебного года указанный уровень риска снизился еще в большей степени: на 0,13 до 1,41 в группе ДО-1 и на 0,34 до 1,47 в группе ДО-2.

Таблица 3

Показатели риска избытка массы тела у младших школьников при традиционной и дифференцированной по полу организации физического воспитания (ФВ) в динамике учебного года

Показатель	*RR*	*AR*	*EF*, %
Начало учебного года			
Дети обоих полов			
Модель № 1 (группа ДО-1)	1,09	7,5	8,6
Модель № 2 (группа ДО-2)	1,08	6,6	7,6
Мальчики			
Модель № 1 (группа ДО-1)	1,28	18,4	21,7
Модель № 2 (группа ДО-2)	1,13	8,3	11,1
Девочки			
Модель № 1 (группа ДО-1)	1,00	0,1	0,2
Модель № 2 (группа ДО-2)	1,08	7,2	7,4
Конец учебного года			
Дети обоих полов			
Модель № 1 (группа ДО-1)	1,15	11,5	13,1
Модель № 2 (группа ДО-2)	1,19	14,8	16,3
Мальчики			
Модель № 1 (группа ДО-1)	1,41	23,7	29,3
Модель № 2 (группа ДО-2)	1,47	26,8	31,9
Девочки			
Модель № 1 (группа ДО-1)	1,05	4,2	4,5
Модель № 2 (группа ДО-2)	1,08	7,2	7,4

Таблица 4

Разница между показателями риска избытка массы тела у младших школьников при традиционной и дифференцированной по полу организации физического воспитания (ФВ) в начале и конце учебного года

Показатель	Δ*RR*	Δ*AR*	Δ*EF*, %
Дети обоих полов			
Модель № 1 (группа ДО-1)	0,06	4	4,5
Модель № 2 (группа ДО-2)	0,11	8,2	8,7
Мальчики			
Модель № 1 (группа ДО-1)	0,13	5,3	7,6
Модель № 2 (группа ДО-2)	0,34	18,5	20,8
Девочки			
Модель № 1 (группа ДО-1)	0,05	4,1	4,3
Модель № 2 (группа ДО-2)	0	0	0

Этиологическая доля фактора условий организации физического воспитания у мальчиков из групп ДО-1 и ДО-2 составила в начале учебного года 21,7 и 11,1 % соответственно, а в конце учебного года – 29,3 и 31,9 % соответственно, что указывает на положительное влияние дифференцированной организации физического воспитания, особенно в формате модели № 2, на снижение уровня риска избытка массы тела, при одновременном присутствии и других действующих факторов.

У девочек во всех группах уровни риска избытка массы тела не отличались ни в начале, ни в конце учебного года.

Выводы. Результаты проведенного исследования показали, что дифференцированная организация физического воспитания младших школьников, наряду с другими действующими факторами, оказывает положительное влияние на снижение уровня риска избыточной массы тела у мальчиков, что следует учитывать при организации школьных уроков физической культуры.

Список литературы

1. Куинджи Н.Н. Гендерный подход к обучению и воспитанию детей в школе: физиологические, гигиенические и социальные аспекты. – М.: Пашков дом, 2010. – 80 с.

2. Кучма В.Р. Риски здоровью детей в процессе жизнедеятельности: проблемы, методы оценки, технологии управления // Российский педиатрический журнал. – 2016. – № 4. – С. 238–243.

3. Лапонова Е.Д., Вятлева О.А. Профилактический потенциал гендерной дифференциации образовательного процесса // Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармация. – 2014. – № 24 (195). – С. 103–107.

4. Моргачёв О.В. Особенности роста и развития младших школьников с позиций полового диморфизма (научный обзор). Сообщение I // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2017. – № 2. – С. 11–16.

5. Моргачёв О.В. Особенности роста и развития младших школьников с позиций полового диморфизма (научный обзор). Сообщение II // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2018. – № 4. – С. 19–31.

6. Заболеваемость детей в возрасте от 5 до 15 лет в Российской Федерации / Л.С. Намазова-Баранова, В.Р. Кучма, А.Г. Ильин [и др.] // Медицинский совет. – 2014. – № 1. – С. 6–10.

7. Оценка рисков здоровью школьников и студентов при воздействии обучающих и досуговых информационно-коммуникационных технологий / О.Ю. Милушкина, Н.А. Скоблина, С.В. Маркелова, А.А. Татаринчик, Н.А. Бокарева, Д.М. Федотов // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 3.– С. 135–143.

8. Рапопорт И.К., Соколова С.Б., Макарова А.Ю. Состояние здоровья школьников и проблемы оказания первичной медико-санитарной помощи в образовательных организациях // Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармация. – 2014. – № 24 (195). – С. 89–94.

9. Санитарно-эпидемиологическое благополучие и риски здоровью детей и подростков при обучении в образовательных учреждениях / В.Р. Кучма, Е.И. Шубочкина, С.Г. Сафонкина, В.В. Молдованов, Е.М. Ибрагимова // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 1. – С. 65–73.

10. Современные направления профилактической работы в образовательных организациях / В.Р. Кучма, О.Ю. Милушкина, Н.А. Бокарева, Н.А. Скоблина // Гигиена и санитария. – 2014. – № 6. – С. 107–111.

11. Сухарева Л.М., Рапопорт И.К., Поленова М.А. Заболеваемость и умственная работоспособность московских школьников // Гигиена и санитария. – 2014. – № 3. – С. 64–67.

12. Ткачев А.В., Тарасова Г.Н., Грошилин В.С. Подведены итоги Всероссийского эпидемиологического исследования распространенности неалкогольной жировой болезни печени // Главврач Юга России. – 2016. – № 2 (49). – С. 4–5.

13. Федеральные рекомендации по оказанию медицинской помощи обучающимся ФР РОШУМЗ-1-2014 «Скрининг-обследование обучающихся в образовательных организациях» (версия 1.0, утв. Профильной комиссией Минздрава России по гигиене детей и подростков 15.02.2014 протокол № 2) / В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева, И.К. Рапопорт, И.В. Звездина, П.И. Храмцов, Ж.Ю. Горелова, Н.А. Скоблина, О.Ю. Милушкина, Н.А. Бокарева, О.И. Гуменюк // Руководство по гигиене детей и подростков, медицинскому обеспечению обучающихся в образовательных организациях: модель организации, федеральные рекомендации оказания медицинской помощи обучающимся / под ред. члена-корр. РАН В.Р. Кучмы. – М.: ФГАУ «НЦЗД» Минздрава России, 2016. – С. 31–76.

14. Храмцов П.И., Березина Н.О. Состояние здоровья и образ жизни современных дошкольников // Воспитание и обучение детей младшего возраста: сборник материалов Ежегодной международной научно-практической конференции. – 2014. – № 2. – С. 64.

15. Growing up unequal: gender and socioeconomic differences in young people's health and well-being: Health behaviour in School-Aged Children (HBSC) study: international report from the 2013/2014 survey Copenhagen (Health Policy for Children and Adolescents, No. 7) / J. Inchley [et al.]. – WHO Regional Office for Europe, 2016. – 292 p.

16. Köhler L. Children's health in Europe – challenges for the next decades // Health Promotion International. – 2018. – Vol. 33, № 5. – P. 912–920. DOI: 10.1093/heapro/dax023

17. Prevalence of Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Children with Obesity / E.L. Yu, S. Golshan, K.E. Harlow [et al.] // J. Pediatr. – 2019. – Vol. 207. – P. 64–70. DOI: 10.1016/j.jpeds.2018.11.021

18. Smith S.K., Perito E.R. Nonalcoholic liver disease in children and adolescents // Clin Liver Dis. – 2018. – Vol. 22. – P. 723–733. DOI: 10.1016/j.cld.2018.07.001

19. The Effect of Overweight and Obesity on Liver Biochemical Markers in Children and Adolescents / M.J. Johansen, J. Gade, S. Stender, C. Frithioff-Bøjsøe, M.A.V. Lund, E. Chabanova, H.S. Thomsen, O. Pedersen, C.E. Fonvig, T. Hansen, J.C. Holm // The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. – 2020. – Vol. 105, № 2. – P. 430–442.

20. Waist to height ratio: a simple screening tool for nonalcoholic fatty liver disease in obese children / B. Özhan, B. Ersoy, M. Özkol [et al.] // Turk. J. Pediatr. – 2016. – Vol. 58. – P. 518–523. DOI: 10.24953/turkjped.2016.05.009

Оценка изменений биохимических показателей состояния костной ткани и активности процессов окисления у детей, проживающих в районе Крайнего Севера

Е.В. Пескова

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

Районы Крайнего Севера отличаются специфическими климатогеографическими факторами, влияющие на гомеостатические процессы в организме человека. Цель данного исследования заключалась в оценке изменений биохимических показателей состояния костной ткани и активности процессов окисления у детей, проживающих в районе Крайнего Севера. Сравнительный анализ результатов исследований биохимических показателей проводился у детей 3–10 лет, проживающих в районе с суровым субарктическим климатом (группа наблюдения), и детей, проживающих в районе с резко континентальным климатом (группа сравнения). По результатам исследования у детей группы наблюдения выявлены негативные изменения в балансе оксидантных и антиокислительных процессов, нарушения синтеза и ремоделирования костной ткани.

Ключевые слова: Крайний Север, климатические факторы, детское население, окислительные процессы, костная ткань, негативные эффекты.

В настоящее время нарушения здоровья человека, проживающего в специфических условиях холодного климата, недостаточно изучены в связи с недостатком информации об особенностях распространения, механизмах развития и клинических проявлений заболеваний. Специфические климатогеографические факторы Крайнего Севера предъявляют к человеку повышенные требования, вынуждая его использовать дополнительные социальные, биологические и медико-профилактические средства защиты от их неблагоприятного воздействия [5, 9].

Адаптация человека в экстремальных условиях высоких широт достигается путем напряженной и сложной перестройки гомеостатических систем организма. Изменяются все виды обмена веществ, истощаются приспособительные резервы организма, происходит преждевременное старение [2].

Изменение метаболических процессов и развитие «окислительного стресса» являются наиболее характерными проявлениями перестройки функциональных систем организма [8]. Воздействие холода вызывает усиленную регенерацию активных метаболитов кислорода и активацию процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ), что приводит к нарушению структуры клеточных мембран, снижению функциональной активности клеток и их гибели [3].

Обращает на себя внимание изменение кальциевого обмена в организме человека, проживающего в северных регионах. Совокупность климатогеографических факторов Севера может приводить к нарушениям опорно-двигательного аппарата, вызванным дисбалансом кальциевого обмена [6, 10, 11]. К настоящему времени накоплено достаточное количество данных о влияние витамина D на кальциевый обмен в организме человека. Большая часть витамина D синтезируется под влиянием ультрафиолетовых лучей. Территории Крайнего Севера расположены в зоне низкой солнечной инсоляции, что приводит к недостатку содержания данного витамина в организме человека. Вместе с тем отмечено, что у проживающих в высоких широтах коренных жителей нарушение метаболизма костной ткани встречается достаточно редко [7, 12].

Одной из основных групп риска при воздействии неблагоприятных климатических факторов являются дети. В северных регионах до 70 % детей имеют отклонения в состоянии здоровья. В силу анатомо-физиологических особенностей дети больше подвержены риску возникновения заболеваний, связанных с климато-географическими факторами Северных регионов [1].

Цель работы – оценка изменений биохимических показателей, характеризующих состояние костной ткани у детей, проживающих в районе Крайнего Севера.

Материалы и методы. Проведено обследование 182 детей в возрасте 3–10 лет, проживающих в районе Крайнего Севера с суровым субарктическим климатом, – группа наблюдения. Для осуществления сравнительного анализа проведено обследование 45 детей аналогичного возраста, проживающих в районе с резко континентальным климатом умеренных широт – группа сравнения. Обе территории характеризуются нормативным воздействием химических факторов окружающей среды. Выборки по половозрастному составу, социально-бытовым условиям проживания, среднему уровню материального обеспечения, по частоте и характеру вредных привычек и профессиональных вредностей у родителей, по психологическому климату в семье, в дошкольных образовательных и общеобразовательных организациях были сопоставимыми.

От каждого законного представителя ребенка, включенного в выборку, получено письменное информированное согласие на добровольное участие в обследовании. Диагностические процедуры осуществляли с обязательным соблюдением этических принципов медико-биологических исследований, изложенных в Хельсинкской декларации 1975 г. с дополнениями 1983 г., в гармонизации с Национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ-Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP).

Объем лабораторных исследований включал определение биохимических показателей, позволяющих оценить скорость синтеза и резорбции костной ткани: уровень N-остеокальцина, тартрат-резистентной кислой фосфотазы, С-концевых телопептидов в сыворотке крови; уровень ионизированного кальция в цельной кро-

ви. Дополнительно проводилось исследование на содержание витамина D в сыворотке крови детей группы наблюдения.

Для оценки баланса оксидантных и антиокислительных процессов у обследуемых детей проводилось исследование на содержание гидроперекисей липидов и активности супероксиддисмутазы (СОД) в сыворотке крови, уровень антиоксидантной активности (АОА) и малонового диальдегида в плазме крови.

Математическая обработка результатов исследования осуществлена с помощью параметрических методов статистики. Характеристики выборок представлены в виде средней (M) ± стандартной ошибки среднего значения (m). Сравнения двух несвязанных групп проведено по величине t-критерия Стьюдента. Статистически значимыми являлись отличия при $p \leq 0{,}05$ [4].

Результаты. При оценке показателей, характеризующих активность окислительных процессов, выявлено, что среднее содержание гидроперекисей липидов в сыворотке крови детей группы наблюдения в 1,9 раза выше, чем в сыворотке крови детей группы сравнения ($p = 0{,}000$) (таблица).

Результаты сравнительного анализа отклонений лабораторных показателей у детей группы наблюдения и детей группы сравнения

Показатель	Группа наблюдения			Группа сравнения			Достоверность различий по средним ($p \leq 0{,}05$)
	Среднее значение ± ошибка ($M \pm m$)	Частота регистрации проб с отклонением от физ. нормы, %		Среднее значение ± ошибка ($M \pm m$)	Частота регистрации проб с отклонением от физ. нормы, %		
		выше нормы	ниже нормы		выше нормы	ниже нормы	
Общая антиоксидантная активность, %	33,17 ± 0,85	20,.3	69,2	37.92 ± 1,706	44,4	37,8	0,001
СОД, нг/см^2	64,94 ± 3,36	0,0	0,0	55,90 ± 7,48	2,3	34,9	0,033
Гидроперекиси липидов, мкмоль/см^2	190,53 ± 18,86	3,9	0,0	98,12 ± 11,10	0,0	0,0	0,000
N-остеокальцин, нг/см^2	53,83 ± 5,61	29,4	13,7	18,09 ± 1,91	0,0	97,6	0,000
Тартрат-резистентная кислая фосфотаза, ЕД/дм^2	2,96 ± 0,19	27,5	0,0	6,16 ± 0,38	100,0	0,0	0,000
С-концевые телопептиды, нг/мл	1,08 ± 0,08	0,0	0,0	1,90 ± 0,10	0,0	0,0	0,000
Витамин D, нг/см^2	19,46 ± 1,92	0,0	92,2	30–100*	–	–	0,000**

Примечание:
* – физиологическая норма уровня витамина D;
** – достоверность различий с физиологической нормой витамина D.

Обращает на себя внимание уровень малонового диальдегида в плазме крови детей группы наблюдения. Среднее значение данного показателя составило

2,72 ± 0,09 мкмоль/см^3, что достоверно превышает верхнюю границу физиологической нормы (p = 0,000).

Оценка состояния антиоксидантной защиты выявила преимущественное истощение ресурсов антиоксидантной системы в ответ на активизацию свободнорадикального окисления у детей группы наблюдения. Об этом свидетельствует повышение в 1,2 раза активности СОД в сыворотке крови детей группы наблюдения относительно данного показателя у детей группы сравнения (p = 0,033). Отмечается снижение общей антиоксидантной активности плазмы крови детей группы наблюдения. Установлено, что среднее значение данного показателя у детей группы наблюдения ниже физиологической нормы и среднего значения в группе сравнения (p = 0,000–0,001). При этом количество случаев сниженного уровня АОА в плазме крови детей группы наблюдения составило 69,2 % при 37,8 % в группе сравнения (кратность превышения 1,8 раза, p = 0,001).

По результатам исследования установлено, что уровень ионизированного кальция в крови детей группы наблюдения составил 1,15 ± 0,01 ммоль/л, что выше физиологической нормы (p = 0,000). При этом установлено, что уровень витамина D, имеющего прямое влияние на гомеостаз кальция в организме, ниже физиологической нормы в 1,5 раза (p = 0,000).

При исследовании показателя N-остеокальцина (маркер синтеза костной ткани), несмотря на то что, среднее значение в обеих группах находится в пределах физиологической нормы, при этом среднее значение данного показателя у детей группы наблюдения в три раза выше, чем у детей группы сравнения (p = 0,000). Частота регистрации проб крови с повышенным содержанием N-остеокальцина у детей группы наблюдения составила 29,4 % при отсутствии таковых в группе сравнения (p = 0,000).

По результатам исследования показателей тартрат-резистентной кислой фосфатазы и С-концевые телопептиды (маркеры резорбции костной ткани) в сыворотке крови детей группы прослеживается тенденция к замедлению процессов ремоделирования костной ткани. Об этом свидетельствует снижение уровня тартрат-резистентной кислой фосфатазы и С-концевых телопептидов у детей группы наблюдения в 1,8–2,0 раза, относительно уровней данных показателей у детей группы сравнения (p = 0,000).

Выводы. Сравнительный анализ результатов исследования выявил, что у детей группы наблюдения отмечается повышение активности показателей процессов окисления и снижение показателей антиоксидантной защиты организма (повышение содержания гидроперекиси липидов, супероксиддисмутазы в сыворотке крови; повышение уровня малонового диальдегида в плазме крови; понижение уровня антиоксидантной активности плазмы крови).

При исследовании показателей маркеров метаболизма костной ткани выявлено ускорение процесса синтеза (повышение уровня ионизированного кальция в цельной крови; повышение уровня N-остеокальцина в сыворотке крови) и замедление процессов ремоделирования (снижение уровня тартрат-резистентной кислой фосфатазы и С-концевых телопептидов в сыворотке крови). Таким образом, у детей, проживающих в районах Крайнего Севера, наблюдается нарушение обмена кальция из-за низкого уровня витамина D. При этом ускорение синтеза и замедление ремоделирования может привести к патологическим

процессам в костной ткани, что повлечет за собой нарушения опорно-двигательного аппарата.

Представленные данные целесообразно учитывать при разработке мер профилактики нарушения костного метаболизма у детей, проживающих в районах Крайнего Севера.

Список литературы

1. Алексеев Г.В., Дмитриев В.Г. Мониторинг за климатом, объектами и средой жизнедеятельности в Арктической зоне РФ // Арктическое пространство России в XXI веке: факторы развития, организации управления. – СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; Издательский дом «Наука», 2016 – С. 93–116.

2. Влияние глобальных климатических изменений на здоровье населения российской Арктики. – М.: Представительство ООН в Российской Федерации, 2008. – 28 с.

3. Влияние холодового стресса на интенсивность перекисного окисления липидов и антиоксидантную систему тканей экспериментальных животных / Н.С. Шаповаленко, В.А. Доровских, Н.В. Коршунова [и др.] // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2011. – № 39. – С. 22–25.

4. Гланц С. Медико-биологическая статистика / под ред. Н.Е. Бузикашвили и соавт. – М.: Практика, 1998. – 458 с.

5. Еникиев А.В., Шумилов О.И., Касаткина Е.А. Сезонные изменения функционального состояния организма детей Кольского Заполярья // Экология человека. – 2007. – № 5. – С. 23–28.

6. Кучин Р.В., Нененко Н.Д. Механизмы адаптации кальциевого обмена к условиям среды у потомков мигрантов Севера // Вестник Курганского государственного университета. – 2016. – № 2 (41). – С. 34–36.

7. Обеспеченность витамином D детей раннего возраста Архангельской области / С.И. Малявская, Г.Н. Кострова, А.В. Лебедев, Е.В. Голышева, А.П. Муратова, В.П. Чудочин, А.А. Карпунов // Экология человека. – 2016. – № 11. – С. 18–22.

8. Современный взгляд на проблему артериальной гипертензии в приполярных и арктических регионах. Обзор литературы / В.И. Хаснулин, М.И. Воевода, П.В. Хаснулин, О.Г. Артамонова // Экология человека. – 2016. – № 3. – С. 43–51.

9. Чащин В.П., Диденко И.И. Труд и здоровье человека на Севере. – Мурманск: НПО «Гигиена и профпатология», 1990. – 102 с.

10. Holick M.F. Vitamin D Deficiency // The new England journal of medicine. – 2007. – № 357 (3). – P. 266–281.

11. Huotari A., Herzig K.H. Vitamin D and living in northern latitudes: an endemic risk area for vitamin D deficiency // International Journal of Circumpolar Health. – 2008. – № 67. – P. 164–178.

12. Tse S.M., Weiler H., Kovesi T. Food insecurity, vitamin D insufficiency and respiratory infections among inuit children // International Journal of Circumpolar Health. – 2016. – № 5 (75). – P. 1–8.

Гигиеническая оценка образовательного процесса в средней общеобразовательной организации

Д.Н. Лир[1,2], А.В. Казанбаева[2], В.А. Легостина[2]

[1]ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»,
[2]ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России,
г. Пермь, Россия

Представлены результаты анализа организации образовательного процесса в одном из городских общеобразовательных учреждений. Образовательный процесс в наблюдаемой общеобразовательной организации, как в начальной (у первоклассников), так и в средней (у пятиклассников) школе, не отвечает гигиеническим требованиям. В расписании уроков не учтены физиологические особенности в части недельной и суточной динамики умственной работоспособности, а также потребности детей в движении. Суммарная часовая нагрузка с учетом факультативных занятий во всех первых классах превышает допустимую величину, без факультативов – превышение сохраняется в 50 % классов школы, что характеризует условия и режим обучения как «опасные» для здоровья.

Ключевые слова: дети, школьники, образовательный процесс, учебная нагрузка.

На протяжении последних десятилетий в Российской Федерации прослеживается отчетливая негативная тенденция в состоянии здоровья детей и подростков [2, 4]. Здоровье школьников формируется под влиянием сложного комплекса экологических, социально-гигиенических, медико-биологических и медико-организационных факторов. Особая роль принадлежит факторам семейного воспитания и школьного обучения. По оценкам специалистов от 20 до 40 % негативных влияний, ухудшающих здоровье детей школьного возраста, связано с образовательными учреждениями [5]. Значительный вклад вносит организация образовательного процесса (объем учебной нагрузки, продолжительность учебного дня, учебной недели, организация перемен, урока, учебного расписания) [1, 3, 7], что определяет актуальность исследования действующих образовательных режимов на соответствие гигиеническим требованиям и психофизиологическим возможностям детского организма.

Цель исследования – провести гигиеническую оценку образовательного процесса в одной из городских средних общеобразовательных организаций с последующей разработкой рекомендаций по его оптимизации.

Материалы и методы. Исследование выполнено в одном из городских общеобразовательных учреждений. Гигиеническая оценка образовательного процесса проведена в четвертую четверть на соответствие гигиеническим требованиям СанПиН 2.4.2.2821-10 [6]. Объектом исследования стали обучающиеся начальной (шесть первых классов) и средней (шесть пятых классов) школы. При анализе образовательной деятельности учитывали следующие критерии: начало занятий и их сменность; продолжительность урока; малые и большие перемены; недельная

и дневная нагрузка школьников в учебных часах; распределение учебных предметов в зависимости от их трудности в течение дня (по шкале И.Г. Сивкова); распределение нагрузки по дням недели и наличие облегченного дня; распределение предметов, сходных по характеру учебных действий; сдвоенные уроки по изучению одного учебного предмета; место уроков физической культуры и труда в расписании дня и недели.

Результаты. Начальная и средняя школа учатся по пятидневной неделе. Учебные занятия проходят в первую смену и начинаются в 8:00, продолжительность одного урока составляет 40 мин, что соответствует пп. 10.4, 10.9, 10.10 СанПиН 2.4.2.2821-10 и не противоречит ступенчатому принципу для первоклассников. Продолжительность перемен между уроками составляет не менее 10 мин; предусмотрена большая перемена – 20 мин, что соответствует п. 10.12 СанПиН 4.2.2821-10. Однако большая перемена проходит после четвертого урока, что не отвечает гигиеническим требованиям, согласно которым рекомендуется удлиненный перерыв после второго или третьего урока для организации приема пищи.

Гигиеническая оценка величины недельной образовательной нагрузки у первоклассников выявила превышение допустимых значений. С учетом факультативных занятий данный показатель варьируется от 23 до 25 ч вместо 21 ч (п. 10.5 СанПиН 2.4.2.2821-10). Такая нагрузка сформирована путем увеличения частоты включения максимального числа уроков в день. Пять академических часов предусмотрено три – пять дней в неделю, тогда как допустимо однократное увеличение объема часов и только за счет урока физической культуры (п. 10.6 СанПиН 2.4.2.2821-10). Отметим, что расписание составлено совместно для обязательных и факультативных занятий, без учета 45-минутного перерыва между ними, что также не соответствует требованиям (п. 10.6 СанПиН 2.4.2.2821-10). Объем основных уроков за вычетом факультативов уменьшается, но по-прежнему в 50 % классов превышает установленный норматив.

Анализ учебной нагрузки по трудности предметов показал, что наибольшая сумма баллов приходится на понедельник и вторник ($24{,}8 \pm 3{,}5$ и $25{,}7 \pm 2{,}0$ балла соответственно), облегченный день – четверг ($20{,}5 \pm 3{,}0$ балла). Тогда как с учетом физиологически обоснованной динамики умственной работоспособности в течение недели и требований СанПиН 2.4.2.2821-10 (п. 10.11, прил. 3) наиболее трудными должны быть вторник и (или) среда, а понедельник для врабатывания, и четверг для компенсаторного восстановления – более легкими днями. Кроме того, биоритмологический оптимум умственной работоспособности в течение дня также не принимается во внимание. Предметы с наибольшим рангом трудности (для первого класса это математика и русский язык) включены в расписании в 74 % случаев первыми и / или четвертыми уроками, тогда как должны быть на втором и третьем уроках (п. 10.11 СанПиН 2.4.2.2821-10). Положительно следует отметить отсутствие сдвоенных уроков по изучению одного предмета.

Для удовлетворения биологической потребности детей в движении предусмотрено три урока физической культуры (в соответствие с п. 10.20. СанПиН 2.4.2.2821-10). При этом их место в расписании не всегда оптимально. Например, они могут быть вторыми, перед русским языком и математикой (уроки с письменным заданием), что не соответствует гигиеническим рекомендациям к расписанию уроков. Уроки труда (технологии) в расписание включены еженедельно; при этом часто они стоят нерационально – вторым и третьим по порядку.

Величина недельной образовательной нагрузки у пятиклассников составила от 24 до 29 ч и не превышает допустимых значений (29 ч), что соответствует требованиям п. 10.5. СанПиН 2.4.2.2821-10. Однако имеются случаи увеличения объема дневной нагрузки в нарушении требований (п. 10.6 СанПиН 2.4.2.2821-10) до семи уроков.

Распределение нагрузки по трудности в течение недели свидетельствует, что максимальный объем также приходится на понедельник и вторник (46,7 ± 5,2 и 44,7 ± 4,5 балла соответственно) и постепенно снижается к пятнице (29,8 ± 5,9 балла), облегченный день отсутствует, что не соответствует недельной динамике работоспособности и не удовлетворяет гигиеническим требованиям. Чередование уроков по трудности в течение отдельных дней не соблюдается. Так, сложные для пятых классов математика, иностранный язык и новый предмет «Биология» в 66 % случаев занимают место, соответствующее периоду врабатывания или спада работоспособности (первые и / или пятые уроки), и не отвечает п. 10.8 СанПиН 2.4.2.2821-10. Более того, имеются случаи отсутствия первого урока или урока в течение дня (так называемые «окна»).

Уроки по физической культуре во всех пятых классах были два раза в неделю и не всегда в числе последних уроков (нарушение п. 10.20. СанПиН 2.4.2.2821-10). Уроки труда (технологии) сдвоены и в расписание включены еженедельно; при этом часто они занимают первое, второе или третье, четвертое места по порядку.

Выводы. Таким образом, образовательный процесс в наблюдаемой общеобразовательной организации, как в начальной (у первоклассников), так и в средней (у пятиклассников) школе, не отвечает гигиеническим требованиям. В расписании уроков не учтены физиологические особенности в части недельной и суточной динамики умственной работоспособности, а также потребности детей в движении. Суммарная часовая нагрузка с учетом факультативных занятий во всех первых классах превышает допустимую величину, без факультативов – превышение сохраняется в 50 % классов школы. Вместе с тем количество классов, в которых число основных (обязательных) уроков соответствует гигиеническим требованиям, – является одним из показателей уровня санитарно-эпидемиологического благополучия учреждения, согласно которому в данном случае сформированы «опасные» условия и режим обучения. Следствием выявленных обстоятельств могут быть напряжение и перенапряжение адаптационных механизмов и увеличение риска развития новых или утяжеления течения существующих соматических патологий. В этой связи при осуществлении контрольно-надзорной деятельности в общеобразовательных учреждениях рекомендуется уделять особое внимание выполнению гигиенических требований к организации образовательного процесса.

Список литературы

1. Александрова И.Э. Оптимизация гигиенической оценки учебного расписания в школе // Здоровье населения и среда обитания. – 2015. – № 8 (269). – С. 24–27.

2. Баранов А.А. Состояние здоровья детей в Российской Федерации // Педиатрия. – 2012. – Т. 91, № 3. – С. 9–14.

3. Гигиеническая оценка учебного процесса в школах с различными образовательными программами / С.Л. Валина, И.Е. Штина, Л.В. Ошева, О.Ю. Устинова, Д.А. Эйсфельд // Гигиена и санитария. – 2019. – № 98 (2). – С. 166–170.

4. Новые подходы к гигиенической оценке условий и режимов обучения в общеобразовательных учреждениях / Л.М. Сухарева, В.Р. Кучма, М.И. Степанова, И.Э. Александрова, Т.В. Шумкова // Здоровье населения и среда обитания. – 2012. – № 8 (245). – С. 4–5.

5. Позднякова М.А., Богомолова Е.С., Курсеева О.А. Гигиеническое обоснование организации здоровьесберегающей деятельности в школе // Медицинский альманах. – 2008. – № 1 (2). – С. 11–13.

6. СанПиН 2.4.2.2821-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях (с изменениями на 24 ноября 2015 года) [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/902256369 (дата обращения: 10.09.2020).

7. Суворова А.В., Якубова И.Ш., Мельцер А.В. Санитарно-гигиеническое обеспечение режима дня, учебно-воспитательного процесса в общеобразовательных организациях // Профилактическая и клиническая медицина. – 2017. – № 1 (62). – С. 12–19.

Идентификация технологией протеомного анализа белков нервной системы в плазме крови у детей, подвергающихся сочетанному воздействию разнородных факторов

Ю.В. Кольдибекова, Н.И. Булатова

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

У школьников первых классов с основным и / или сопутствующим диагнозом вегетососудистой дистонии и / или астеновегетативным синдромом, осваивающих стандартную и дополнительную общеобразовательные программы, посещающих школы на многопрофильной промышленно развитой территории и (сравнительно) территории с размещением объектов пищевой промышленности, идентифицированы белки плазмы крови (Nck-ассоциированный белок, ингибитор сериновой протеазы Kazal-типа 5, гистонацетилтрансфераза p300, VPS10 рецептор SorCS1, белок цинкового пальца 592) и кодирующие их гены, имеющие достоверную связь с сочетанным воздействием разнородных факторов. При отсутствии адекватных и своевременных мер профилактики выявленные молекулярные изменения протеома, свидетельствующие о нарушении активности нейропептидных рецепторов и функционального восстановления аксонов, в дальнейшем могут реализоваться в виде дополнительных заболеваний нервной системы.

Ключевые слова: протеомный анализ, молекулярные маркеры, сочетанное воздействие, химические факторы окружающей и внутришкольной среды, факторы образовательного процесса, нервная система.

Охрана здоровья детей является одним из приоритетных направлений государственной политики с целью полного обеспечения прав каждого ребенка на жизнь, здоровое развитие и профилактику болезней [3, 18]. По данным Всемирной

организации здравоохранения, в мире отмечается тенденция стабильного роста у детского населения числа заболеваний нервной системы, относящихся, вследствие своей распространенности и тяжести развития последствий, к категории социально значимых [18]. Причинами поражений центральной нервной системы у детей и развития заболеваний являются наследственно-конституциональные факторы (наследственная отягощенность), внутриутробные инфекции в период беременности, родов и первой недели жизни ребенка. Кроме этого, существует категория «разрешающих» факторов в виде хронического стресса, умственного и физического переутомления, воздействия нейротропных химических веществ, входящих в состав атмосферного воздуха промышленно развитых территорий. Данные факторы вызывают функциональные нарушения со стороны нервной системы, протекающие без структурных или биохимических изменений, но связанные с дисрегуляционными процессами [6]. Сочетание наследственных и «разрешающих» факторов лежит в основе этиопатогенетических механизмов развития нарушений со стороны нервной системы. При этом «разрешающими» факторами, в отличие от наследственной отягощенности, можно управлять, тем самым снижать их негативную составляющую в виде проявления дополнительной заболеваемости болезнями нервной системы.

Для идентификации и анализа негативного воздействия «разрешающих» факторов на изменение функционального состояния нервной системы актуальным является поиск новых прогностических и предиктивных биомаркеров, к числу которых могут относиться белки плазмы крови [12]. Современным инструментом для выявления и анализа белков, вовлеченных в обеспечение высокой жизнеспособности клеток, получения детальной информации об их структурных профилях и функциях, являются протеомные методы исследования [7]. Идентифицированные белки плазмы крови технологией протеомного анализа могут являться потенциальными молекулярными маркерами ранней стадии развития негативных эффектов в условиях сочетанного воздействия разнородных факторов. Анализ их функций позволяет сформировать принципы построения превентивных мер, направленных на увеличение продолжительности и качества жизни в последующем трудоспособном возрасте [12].

В связи с вышесказанным **целью исследования** явилось выявление белков плазмы крови как прогностических маркеров негативных эффектов со стороны нервной системы у детей, подвергающихся сочетанному воздействию химических факторов окружающей и внутришкольной среды и факторов образовательного процесса, технологией протеомного анализа.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись 50 учащихся начального общего образования в возрасте 7–10 лет. Группу наблюдения составили 32 школьника, обучающихся в первом классе по дополнительной общеобразовательной программе физической и военной подготовки общеобразовательного учреждения, расположенного на территории крупного промышленного центра с размещением предприятий химического и нефтеперерабатывающего видов производств. В качестве группы сравнения выбрано 18 детей, обучающихся по традиционной образовательной программе начальной школы, расположенной на территории административного центра с размещением объектов пищевой промышленности и производства отделочных материалов. Дети группы наблюдения и сравнения имели в качестве установленного основного и / или сопутствующего диагноза вегетососудистую дистонию и / или астеновегетативный синдром (МКБ-10: F90, G90.8).

Выборки детей сопоставимы по половозрастному составу, психологическому климату в семье и в образовательных организациях, социально-бытовым условиям проживания, уровню материального обеспечения, по частоте и характеру вредных привычек и профессиональных вредностей у родителей. От каждого законного представителя ребенка, включенного в выборку, получено письменное информированное согласие на добровольное участие в обследовании, осуществляющееся с обязательным соблюдением этических принципов проведения медицинских исследований, изложенных в Хельсинкской декларации с дополнениями 2013 г. и в гармонизации с Национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ-Р 52379-2005 «Надлежащая клиническая практика».

Оценка содержания в атмосферном воздухе и воздухе учебных помещений для начальных классов по фенолу, формальдегиду, бензолу, толуолу, ксилолу, марганцу, никелю, свинцу, хрому выполнена в соответствии с ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений».

Режим образовательной деятельности оценивали в соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях», пункт 10 «Гигиенические требования к режиму образовательной деятельности».

Исследование содержания в крови марганца, никеля, свинца, хрома, бензола, толуола, о-, м-, п-ксилолов, фенола, формальдегида осуществляли в соответствии с действующими в Российской Федерации методическими указаниями: МУК 4.1.765-99[1], МУК 4.1.2108-06[2], МУК 4.1.3230–14[3], МУК 4.1.2111-06[4] с использованием масс-спектрометра с индуктивно связанной аргоновой плазмой Agilent 7500cx (США), жидкостного хроматографа с диодно-матричным детектором Agilent 1200 (США) и «Хроматэк Кристалл 5000.2» (Россия).

Статистическая обработка результатов исследования выполнена в пакете статистического анализа Statistica 6.0 и специально разработанных программных продуктов, сопряженных с приложениями MS-Office. Использованы параметрические методы статистики, так как случайные величины анализируемых показателей соответствовали закону нормального распределения. Характеристики выборок представляли в виде среднего значения и ошибки репрезентативности. Сравнение двух несвязанных групп проведено по величине двухвыборочного *t*-критерия Стьюдента. Статистически значимыми являлись отличия, соответствующие оценке ошибки вероятности $p \leq 0{,}05$.

[1] Газохроматографический метод количественного определения предельных и ароматических углеводородов (бензол, толуол, этилбензол, о,-м-, п-ксилол) в биосредах (кровь): МУК 4.1.765-99 // Определение химических соединений в биологических средах: сб. метод. указаний. МУК 4.1.763–4.1.779-9. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000. – 24 с.

[2] Определение массовой концентрации фенола в биосредах (кровь): МУК 4.1.2108-06 // Определение вредных веществ в биологических средах: сб. метод. указаний. МУК 4.1.2102–4.1.2116–06. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. – 74 с.

[3] Методика измерений массовых концентраций химических элементов в биосредах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой: МУК 4.1.3230-14. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2014. – 122 с.

[4] Определение вредных веществ в биологических средах: сб. метод. указаний. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. – 110 с.

Для исследования протеомного профиля использовали термостабильную фракцию плазмы крови, которую получали нагреванием в течение 10 мин при 98 °С (термостат твердотельный цифровой типа Dry Blok TDB-120) смеси 1:1 плазмы с буфером, содержащим 20 мМ ЭДТА, 0,2 М Tris-HCl (pH 9,0) и полиэтиленгликоля (PEG) 6000 с последующим отделением супернатанта после центрифугирования при 10000 g в течение 15 мин [11]. Для установления концентрации общего белка супернатант предварительно разводили деионизированной водой в 200 раз. Концентрацию общего белка определяли с помощью набора QuantiPro BCA Assay Kit (Sigma) в соответствии с прилагающейся методикой [21]. Исследование протеомного профиля плазмы крови включало метод двумерного электрофореза белков (2D-SDS-PAGE) в полиакриламидном геле. Визуализацию результатов электрофореза проводили после окраски серебром. Сопоставление белковых зон по их интенсивности с последующим выделением значимых пятен осуществляли с помощью программного комплекса PDQuest (Bio-Rad, США). Исследование значимых белковых пятен включало метод жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим анализом на хроматографе UltiMate 3000 (Германия) и тандемном масс-спектрометре ABSciex 4000 QTRAP с источником ионизации Nanospray 3 (Канада). Полученные данные обрабатывали программой ProteinPilot, версия 4.5 (AB SCIEX), с идентификацией белков по базе данных UniProt_sprot_fasta (от 24.11.2017), с выборкой по таксону Homo Sapience. Установление гена, которому соответствует идентифицированный белок, выполнено с помощью базы данных HGNC database of human gene name (https://www.genenames.org/).

Выявление и оценку зависимости интенсивности значимого белкового пятна от сочетанного воздействия разнородных факторов (химический фактор в крови и факторы образовательного процесса) выполняли на основании многофакторной модели, описываемой уравнением множественной линейной регрессии вида:

$$y_j = b_{0j} + \sum_i b_{ij} x_i, \qquad (1)$$

где y_j – зависимая переменная, показатель интенсивности *j*-го пятна, int; x_i – независимые переменные, *i*-й влияющий фактор (мг/дм^3, у.е.); b_{0j}, b_{ij} – коэффициенты математической модели, определение которых произведено методом наименьших квадратов с применением пакетов программ по статистическому анализу данных.

Достоверность полученных моделей оценивали на основе дисперсионного анализа с помощью *F*-критерия Фишера. Достоверность параметров модели оценивали по *t*-критерию Стьюдента. Вклад разнородных факторов в изменения зависимой переменной оценивали по коэффициенту детерминации (R^2). Критерием статистической значимости являлась величина $p \leq 0{,}05$ [5].

Результаты. В атмосферном воздухе на территории общеобразовательной организации с дополнительной программой обучения по типу военной и физической подготовки установлено превышение предельной допустимой среднесуточной концентрации по фенолу до 1,3 раза (ПДК$_{сс}$ = 0,006 мг/м^3), в воздухе учебных помещений – по фенолу до 1,1 раза и формальдегиду до 1,2 раза (ПДК$_{сс}$ = 0,01 мг/м^3) (табл. 1).

Превышений суточных гигиенических нормативов в атмосферном воздухе и воздухе учебных помещений по бензолу, м-ксилолу, марганцу, свинцу, никелю и хрому, не установлено.

Таблица 1

Содержание химических веществ в атмосферном воздухе на территории школы, воздухе учебных помещений, крови у детей

Вещество	Группа наблюдения			Группа сравнения		
	Атмосферный воздух, доли $ПДК_{сс}$	Воздух учебных помещений, доли $ПДК_{сс}$	Среднее содержание вещества в крови, мг/дм^3	Атмосферный воздух, доли $ПДК_{сс}$	Воздух учебных помещений, доли $ПДК_{сс}$	Среднее содержание вещества в крови, мг/дм^3
Фенол	1,25	1,07	0,016 ± 0,002*	0,47	0,50	0,014 ± 0,001
Формальдегид	0,15	1,24	0,022 ± 0,002	0,04	0,22	0,031 ± 0,002
Бензол**	нпо	нпо	0,001 ± 0,0001	нпо	нпо	0,0001 ± 0,0001
М-ксилол**	нпо	нпо	0,0002 ± 0,00001*	нпо	нпо	0,0001 ± 0,00002
Марганец**	нпо	нпо	0,012 ± 0,0014*	нпо	нпо	0,010 ± 0,001
Свинец**	нпо	нпо	0,057 ± 0,007*	нпо	нпо	0,023 ± 0,002
Никель**	нпо	нпо	0,008 ± 0,002*	нпо	нпо	0,005 ± 0,0007
Хром**	нпо	нпо	0,0074 ± 0,0007*	нпо	нпо	0,0053 ± 0,0014

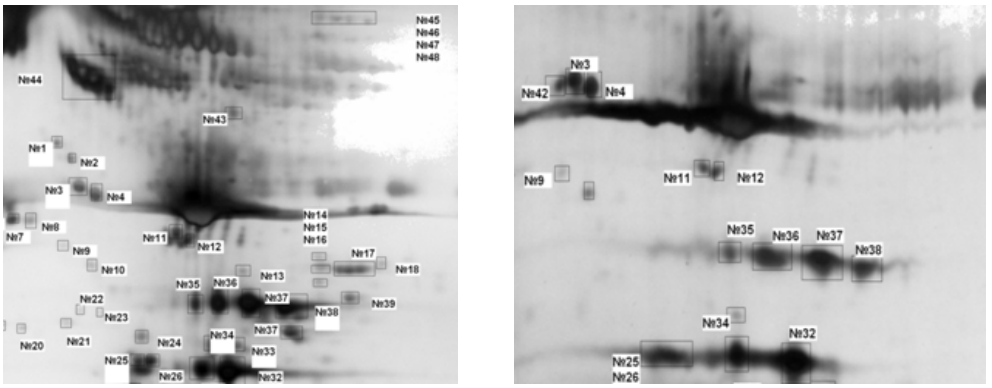
Примечание: * – достоверность различий между показателями группой наблюдения и сравнения, $p \le 0,05$; ** – отмечены вещества, все значения для которых ниже предела определения (нпо).

В крови детей группы наблюдения зарегистрировано повышенное в 1,2–2,4 раза содержание фенола, м-ксилола, марганца, свинца, никеля и хрома относительно данных показателей у детей в группе сравнения ($p = 0,035$). При этом более чем у 82 % детей группы наблюдения выявлено повышенное содержание данных химических веществ в крови относительно группы сравнения.

В результате анализа факторов учебной нагрузки режима образовательной деятельности на соответствие требованиям, регламентируемым СанПиН 2.4.2.2821-10, установлено, что в группе наблюдения длительность перерыва между основными и факультативными занятиями, равномерность распределения учебной нагрузки в течение недели и дня, длительность перерыва малых перемен и между сменами, максимально допустимая аудиторная недельная нагрузка и общий объем нагрузки в течение дня, чередование различных по сложности предметов в течение дня, использование в учебном процессе технических средств обучения не соответствуют установленным требованиям. В группе сравнения практически все анализируемые факторы образовательного процесса, за исключением длительности перерыва малых перемен, между сменами и между основными и факультативными занятиями, использование в учебном процессе технических средств обучения соответствовали требованиям, представленным в нормативном документе.

Оценка исследования протеомного профиля плазмы крови у школьников показала наличие достоверных различий между относительным объемом ряда белковых пятен (порядка 60) у детей группы наблюдения и группы сравнения. Например, достоверно отличаются пятна 9, 20, 38, 45 (рисунок).

Анализ информации о молекулярных функциях и биологической роли порядка 60 идентифицированных, достоверно различающихся белков позволил установить четыре белка плазмы крови и кодирующие их гены, молекулярные функции которых связаны с активностью нейропептидных рецепторов, функциональным восстановлением аксонов нервной системы, изменением аксонного транспорта и другими процессами физиологического функционирования нервной клетки (табл. 2).



а *б*

Рис. Фрагмент 2DE-геля плазмы крови детей:
а – индивид группы наблюдения; *б* – индивид группы сравнения

Таблица 2

Идентифицируемые белки плазмы крови и кодирующие их гены, отражающие функцию нервной системы на молекулярном уровне, у обследованных детей

Номер белкового пятна	Наименование белка	Относительный объем белкового пятна ($M \pm m$), int*		Достоверность различий средних значений, $p \le 0{,}05$	Ген
		группа наблюдения, $n = 32$	группа сравнения, $n = 18$		
9	Nck-ассоциированный белок 5	1453 ± 16	1972 ± 18	0,0001	*NCKAP5L*
20	Ингибитор сериновой протеазы Kazal-типа 5	1517 ± 187	0	0,0001	*SPINK5*
38	Гистонацетилтрансфераза p300	3682 ± 319	1750 ± 116	0,0001	*EP300*
45	Домен, содержащий VPS10 рецептор SorCS1	2731 ± 510	0	0,0001	*SORCS1*
	Белок цинкового пальца 592				*ZNF592*

Примечание: int* – интенсивность белкового пятна.

У школьников группы наблюдения установлено увеличение в 2,0 раза объема белкового пятна 38 и уменьшение в 1,4 раза пятна 9 относительно аналогичных пятен у детей в группе сравнения ($p = 0{,}0001$). В группе наблюдения зарегистрированы пятна 20 и 45, не идентифицированные в плазме крови у детей группы сравнения.

В результате построения многофакторных моделей установлена прямая причинно-следственная связь между увеличением относительного объема пятна – ингибитора сериновой протеазы Kazal-типа 5 и повышенным содержанием фенола в крови, сокращением длительности перерыва между основными и факультативными занятиями, неравномерным распределением учебной нагрузки в течение недели и дня ($R^2 = 0{,}79$; $b_0 = 4155{,}49$; $b_1 = 1386{,}34$; $b_2 = 21096{,}68$; $b_3 = 76{,}71$; $b_4 = 76{,}71$; $p = 0{,}0001$); между увеличением относительного объема пятна – гистонацетилтрансферазы p300, VPS10 рецептора SorCS1, белка цинкового пальца

592 и повышенным содержанием свинца в крови, сокращением длительности перерыва между основными и факультативными занятиями, неравномерным распределением учебной нагрузки в течение недели и дня ($R^2 = 0{,}62$; $b_0 = 60{,}62$–8448,88; $b_1 = 198{,}98$–276,33; $b_2 = 9{,}93$–124,82; $b_3 = 9{,}93$–124,82; $b_4 = 198{,}98$–552,66; $p = 0{,}0001$). Доказана обратная зависимость уменьшения относительного объема пятна – Nck-ассоциированного белка 5 при повышении содержания свинца в крови, сокращения длительности перерыва между основными и факультативными занятиями, неравномерном распределении учебной нагрузки в течение недели и дня ($R^2 = 0{,}96$; $b_0 = -0{,}22$; $b_1 = -52{,}24$; $b_2 = -36{,}24$; $b_3 = -36{,}24$; $b_4 = -104{,}49$; $p = 0{,}0001$).

Результаты выполненных исследований показали, что у школьников общеобразовательного учреждения, расположенного на территории крупного многоотраслевого промышленного центра, содержание в крови фенола, м-ксилола, марганца, свинца, никеля и хрома до 2,4 раза превышало значения аналогичных показателей учащихся школы, расположенной на территории с отсутствием промышленных предприятий. Полученные данные сопоставимы с многолетними результатами российских и зарубежных исследований о негативном и отягощающем воздействии химических факторов окружающей среды на здоровье детей [1, 9, 10, 15]. Кроме этого, анализ организации обучения у школьников по специализированной программе дополнительного образования физической и военной подготовки позволил установить сокращение длительности перерыва между основными и факультативными занятиями, между малыми переменами и между сменами, неравномерность распределения учебной нагрузки в течение недели и дня, увеличение максимально допустимой аудиторной недельной нагрузкой и общего объема нагрузки в течение дня, продолжительное использование в учебном процессе технических средств обучения, не соответствующих требованиям санитарных правил и норм. Установленные факторы образовательного процесса наряду с химическими факторами способны оказывать негативное воздействие на состояние здоровья обучающегося в виде формирования невротических расстройств в рамках современного инновационного образовательного пространства [2, 4, 8]. При этом можно предположить, что воздействие факторов образовательного процесса, долевой вклад которых в развитие негативных эффектов составил 35–97 %, усугубляется повышенным содержанием химических веществ в окружающей и внутришкольной среде (долевой вклад – 13–21 %).

У детей идентифицированы белки плазмы крови и кодирующие их гены, имеющие достоверную связь с сочетанным воздействием химических факторов окружающей, внутришкольной среды и четырех факторов образовательного процесса (сокращение длительности перерыва между основными и факультативными занятиями, неравномерное распределение учебной нагрузки в течение недели и дня). Nck-ассоциированный белок 5 регулирует организацию и стабилизацию микротрубочек путем увеличения интенсивного ацетилирования участвующих в везикулярном транспорте. Ингибитор сериновой протеазы Kazal-типа 5 подавляет активность сериновых протеаз, вовлеченных в процесс нарушения проницаемости гематоэнцефалического барьера [14], участвует как в процессах пластичности нейронов, так и в дегенерации синаптических связей [13, 17]. Гистонацетилтрансфераза p300 регулирует транскрипцию посредством ремоделирования хроматина ДНК. Избыточная экспрессия гистонацетилтрансферазы p300 приво-

дит к ацетилированию проаксональных факторов роста транскрипции p53 и C/EBP, способствующих росту нейритов в первичных нейронах [20]. Домен, содержащий VPS10 рецептор SorCS1, приводит к нарушению активности нейропептидных рецепторов, участвует в процессинге и переносе предшественников β-амилоидных белков нейронов, влияет на синаптическую передачу, регулируя ионотропный рецептор глутамата, который передает быстрые возбуждающие сигналы в синапсах нервной системы [16]. Белок цинкового пальца 592 является белковым модулем, взаимодействующим с ДНК, РНК и другими белками, преимущественно в период формирования нервной системы. В экспериментальных исследованиях на лабораторных животных установлено, что домен, содержащий белок цинкового пальца, модулирует пролиферацию и дифференциацию клеточных линий олигодендроцитов [19].

Выявленные изменения протеома при отсутствии адекватных и своевременных мер профилактики могут приводить к нарушению активности нейропептидных рецепторов и функционального восстановления аксонов нервной системы, к изменению развития и регуляции генов, участвующих в развитии мозжечка, изменению структурных компонентов микротрубочек, обеспечивающих аксонный транспорт биомолекул между телом нейрона и синапсом, необходимый для физиологического функционирования нервной клетки. Данные патогенетические молекулярные изменения являются прогностически неблагоприятными для развития функциональных нарушений нервной системы в последующие возрастные периоды и требуют разработки профилактических мероприятий для минимизации рисков развития вегетососудистой дистонии с учетом идентифицированных химических факторов окружающей и учебной среды, выявленных факторов образовательного процесса, не отвечающих требованиям установленных санитарных правил и норм, и активного раннего выявления детей из групп риска (на базе специализированных диагностических центров) с изменением протеомного профиля плазмы крови.

Выводы:

1. У школьников, посещающих общеобразовательное учреждение, расположенное на промышленно развитой территории, установлено повышенное в 1,2–2,4 раза содержание в крови фенола, м-ксилола, марганца, свинца, никеля и хрома относительно значений аналогичных показателей у детей, обучающихся в школе, расположенной на территории с отсутствием крупных промышленных предприятий (p = 0,0001–0,035).

2. У школьников, обучающихся по специализированной программе типа физической и военной подготовки, установлено сокращение длительности перерыва между основными и факультативными занятиями, между малыми переменами и между сменами, неравномерность распределения учебной нагрузки в течение недели и дня, увеличение максимально допустимой аудиторной недельной нагрузки и общего объема нагрузки в течение дня, продолжительное использование в учебном процессе технических средств обучения, не соответствующих требованиям санитарных правил и норм.

3. У детей установлены омик-маркеры плазмы крови и их изменения в виде уменьшения относительного объема пятна, содержащего Nck-ассоциированный белок, и увеличение относительного объема пятен, содержащих ингибитор сериновой протеазы Kazal-типа 5, гистонацетилтрансферазу p300, VPS10 рецептор SorCS1

и белок цинкового пальца 592, ассоциированные с сочетанным воздействием химических факторов окружающей, внутришкольной среды и факторов образовательного процесса.

4. Установленные изменения показателей протеомного профиля у школьников с сочетанным воздействием разнородных факторов позволяют предположить развитие на молекулярном уровне негативных эффектов в виде нарушения активности нейропептидных рецепторов, функционального восстановления аксонов нервной системы, аксонного транспорта биомолекул, приводящие в последующем к развитию вегетососудистой дистонии.

Благодарность. Авторы выражают благодарность отделам химико-аналитических методов исследования и математического моделирования систем и процессов ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» за помощь в проведении химико-аналитических исследований и построении математических моделей.

Список литературы

1. Авалиани С.Л., Ревич Б.А., Мишина А.Л. Роль оценки долевого вклада выбросов предприятий, находящихся за пределами исследуемой территории города, в различные виды рисков здоровью населения // Здоровье населения и среда обитания. – 2010. – № 1 (212). – С. 41–43.

2. Амгалан Г., Погорелова И.Г. Школьная среда и факторы риска влияющие на физическое развитие и здоровье обучающихся [обзорная статья] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 1 (32), Ч. 4. – С. 8–12.

3. Баранов А.А., Лапин Ю.Е. Государственная политика в области охраны здоровья детей: правовое обеспечение, структура и содержание // Вопросы современной педиатрии. – 2007. – № 6. – С. 1–9.

4. Вишневский В.А. Анализ школьного расписания с учетом здоровья детей // Гигиена и санитария. – 2005. – № 3. – С. 43–44.

5. Гланц С. Медико-биологическая статистика. – М.: Практика, 1998. – 462 с.

6. Ежова О.Л., Шайтор В.М. Полисистемные функциональные нарушения у детей с последствиями перинатального повреждения центральной нервной системы // Российский семейный врач. – 2012. – № 16. – С. 40–47.

7. Идентификация белков центральной нервной системы в плазме и сыворотке крови человека / Ю.В. Мирошниченко, Н.А. Петушкова, Н.Б. Теряева [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2015. – Т. 160, № 7. – С. 41– 46.

8. Кучма В.Р., Ткачук Е.А., Ефимова Н.В. Гигиеническая оценка интенсификации учебной деятельности детей в современных условиях // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2015. – № 1. – С. 4–11.

9. Молекулы-маркеры активации глии при нейровоспалении: новые возможности для фармакотерапии нейродегенерации / Н.А. Малиновская, С.В. Прокопенко, Ю.К. Комлева [и др.] // Сибирское медицинское обозрение. – 2014. – Вып. 5 (89). – С. 5–15.

10. Нурисламова Т.В., Синицына О.О., Мальцева О.А. Индикаторы эффекта при оценке воздействия на организм человека нитратов и N-нитрозодиметиламина

при поступлении с питьевой водой // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 3. – С. 76–84. DOI: 10.21668/health.risk/2018.3.08

11. Протеомное исследование термостабильной фракции сыворотки пациентов с различными опухолями с применением двумерного электрофореза / Е.И. Гоуфман, С.А. Мошковский, О.В. Тихонова [и др.] // Биохимия. – 2006. – Т. 71, № 4. – С. 445–453.

12. Стратегии развития медицинской науки в Российской Федерации на период до 2025 года / утв. распоряжением Правительства РФ от 28 декабря 2012 г. № 2580-р [Электронный ресурс] // Грант. – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70192396/ (дата обращения: 06.09.2020).

13. Dalva M.B., McClelland A.C., Kayser M.S. Cell-adhesion molecules: signalling functions at the synapse // Nature Reviews Neuroscience. – 2007. – № 8. – P. 206–220. DOI: 10.1038/nrn2075

14. Exercise-induce hyperalgesia, complement system and elastase activation in Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome – a secondary analysis of experimental comparative studies / A. Polli, J. Van Oosterwijck, M. Meeus [et al.] // Scandinavian Journal of Pain. – 2019. – № 19 (1). – P. 183–192. DOI: 10.1515/sjpain-2018-0075

15. Guidelines for Neurotoxicity Risk Assessment (Published on May 14, 1998, Federal Register 63 (93): 26926–26954): Risk Assessment Forum. U.S. Environmental Protection Agency. – Washington, DC EPA/630/R-95/001F, 1998. – 79 p.

16. Hidden Twins: SorCS Neuroreceptors Form Stable Dimers / D. Januliene, A. Manavalan, P.L. Ovesen [et al.] // Journal of Molecular Biology. – 2017. – № 429 (19). – P. 2907–2917. DOI: 10.1016/j.jmb.2017.08.006

17. Lee T.W., Tsang V.W., Birch N.P. Synaptic plasticity-associated proteases and protease inhibitors in the brain linked to the processing of extracellular matrix and cell adhesion molecules // Neuron Glia Biology. – 2008. – № 4 (3). – P. 223–234. DOI: 10.1017/s1740925x09990172

18. Risk reduction of cognitive decline and dementia: WHO guidelines. – Geneva: World Health Organization, 2019. – 96 p.

19. Spatiotemporal expression pattern of Myt/NZF family zinc finger transcription factors during mouse nervous system development / F. Matsushita, T. Kameyama, Y. Kadokawa [et al.] // Developmental Dynamics. – 2013. – Vol. 243 (4). – P. 588–600. DOI: 10.1002/dvdy.24091

20. The histone acetyltransferase p300 promotes intrinsic axonal regeneration / P. Gaub, Y. Joshi, A. Wuttke [et al.] // Brain. – 2011. – Vol. 134 (7). – P. 2134–2148. DOI: 10.1093/brain/awr142

21. QuantiPro BCA assay kit. Technical bulletin [Электронный ресурс]. – URL: http://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigmaaldrich/docs/Sigma/Bulletin/qpbcabul.pdf (дата обращения: 06.09.2020).

Изучение нарушений осанки обучающихся в общеобразовательных организациях после введения ограничений по использованию устройств мобильной связи

М.В. Семенихина, И.И. Новикова, А.В. Сорокина, Е.В. Серенко

ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены», г. Новосибирск, Россия

Представлены результаты анализа статистических данных нарушений осанки в Российской Федерации за период с 2006 по 2015 г. с учетом взаимосвязи нарушений осанки с удельным весом рабочих мест учащихся, не соответствующих росто-возрастным особенностям. Проведен сравнительный анализ информативности результатов диагностики нарушений осанки традиционными оптическими методами. Метод оптической топографии более информативен, позволяет выявить большее количество детей с начальной формой развития заболевания. Это определяет актуальность пересмотра скрининговой программы для раннего выявления нарушений осанки у детей и коррекции этих нарушений. Использование устройств мобильной связи в повседневной жизни ребенка является дополнительным фактором риска нарушения осанки.

Ключевые слова: здоровье школьников, нарушение осанки, взаимосвязь нарушений осанки с условиями обучения, ограничение использования гаджетов при обучении.

Проблема формирования у детей нарушений осанки за период получения основного общего образования не утрачивает актуальности на протяжении длительного времени. Нарушения осанки стабильно занимают одно из лидирующих мест в структуре школьной патологии. За последнее десятилетие существенно увеличилось негативное влияние окружающей социальной среды на здоровье детей, и в большей части на здоровье школьников, так как годы обучения в школе совпадают с активным развитием ребенка.

Значительное влияние на здоровье детей школьного возраста имеют следующие факторы: расширение информационного окружения за счет разнообразных гаджетов и прочих средств коммуникации, нарастание информационной нагрузки, гиподинамия, нарушения режима и частые простудные заболевания. Комплексное воздействие факторов на ребенка в условиях обучения негативно влияет на здоровье и приводит к формированию преморбидных состояний и хронических заболеваний.

Сколиоз занимает особое место в вертебрологии, так как является наиболее распространенной ортопедической патологией детей и подростков. В современных условиях наряду с классическими факторами риска нарушений осанки у школьников актуализировалась проблема сочетанного воздействия вынужденной рабочей позы и гиподинамии, обусловленных массовым использованием электронных устройств мобильной связи в повседневной жизни ребенка. Физическая нагрузка, адекватная физиологической потребности, должна способствовать развитию мышечной массы и поддержанию скелета ребенка в рациональном положении, обеспечи-

вающем высокий уровень функционального состояния органов и систем организма. Дефицит же физической нагрузки приводит к снижению мышечной ткани и искривлению позвоночника в трех плоскостях.

Американский врач Кеннет К. Хансрадж представил в своих исследованиях влияние смартфонов на опорно-двигательный аппарат. Он создал модель шейного отдела позвоночника и изучил особенности нагрузки на него при просмотре пользователем информации с сотового телефона. Описал формирование патологической осанки разной степени выраженности, обусловленной углом наклона головы по отношению к туловищу; указал на формирование избыточной нагрузки на шейный отдел, определяющей дополнительные риски нарушений осанки.

По данным литературных источников 69,6 % школьников и 63,2 % студентов считают сотовый телефон основным средством общения; 20,9 % школьников и 11,4 % студентов отдают приоритет чтению с экрана чтению с бумажного носителя; 33,9 и 27,0 % соответственно не имеют сформированных предпочтений в носителе информации. Почти половина опрошенных испытывают постоянную потребность в сети Интернет [4, 8]. Среди обучающихся второй и третьей ступени обучения гиподинамия отмечается у 42–48 % детей [1–3, 7].

Немаловажный аспект проблемы – это позднее выявление патологии, т.е. выявление патологии на этапе, когда коррекция сформировавшегося нарушения с использованием стандартных профилактических мероприятий уже малоэффективна. Реализуемый стандарт клинико-диагностической оценки функционального состояния опорно-двигательного аппарата базируется на визуальном осмотре ребенка с подтверждением выявленных нарушений с использованием рентгенологического метода. Визуальные методы имеют выраженную субъективную компоненту, а схема оценки рентгеновского снимка посредством определения угла искривления, разработанная американским ортопедом Дж. Коббом [9], имеет большой недостаток – лучевую нагрузку. Поскольку при сколиотической болезни состояние позвоночника постепенно прогрессирует, актуализировалась проблема разработки нелучевых методов диагностики. С начала 70-х гг. XX в. во многих странах мира для решения этой проблемы стали использовать оптические методы [11–13], получившие развитие, начиная с работ Такасаки, впервые применившего метод муаровой топографии для обследования пациентов. Основным достоинством этого и других оптических методов явились полная безвредность для здоровья, бесконтактность и объективизация результатов. С начала 80-х гг. на смену муаровому пришли альтернативные – компьютерно-ориентированные оптические методы, основанные на проецировании структурированных изображений в виде матриц точек, систем линий и полос. Первой такой системой была английская система ISIS [14], за ней последовали немецкая система JENOPTIC formetric [10] и английская Quantec [15].

В 1994 г. в Новосибирском научно-исследовательском институте травматологии и ортопедии был разработан и опробован метод компьютерной оптической топографии, основанный на проецировании полос и пространственном детектировании фазы[1], и впервые создана отечественная оптико-электронная топографическая система «ТОДП», которая в 1996 г. прошла клинические испытания и была

[1] Сарнадский В.Н., Вильбергер С.Я. Программа для топографического обследования пациентов «Топограф» («TOPO»): свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ. № 960499 от 22.11.1996.

допущена МЗ РФ к применению в медицинской практике. В отличие от зарубежных аналогов, ориентированных на мониторинг больных с деформацией позвоночника, система ТОДП разрабатывалась как для задач скрининга начальных форм деформаций позвоночника, так и для задач мониторинга.

Компьютерная топография имеет ряд несомненных преимуществ, в отличие от других методов: отсутствие лучевой нагрузки, дорогостоящих расходных материалов, ограничений на число обследований пациента в год, автоматизация процесса ввода снимков пациентов и их обработки и, следовательно, низкая трудоемкость проведения обследований; высокая скорость и точность обработки результатов, получение полного количественного описания формы дорсальной поверхности туловища, возможность сохранения всех результатов обследования в базе данных [6]. Вместе с тем, несмотря на выраженную информативность топографического метода, его высокие диагностические свойства и значение в ранней диагностике сколиоза, позволяющей избежать коррекции нарушений в дооперативной фазе, существенно сокращают риски длительного снижения качества жизни. Топографичекий метод до настоящего времени не нашел своего широкого применения в практике проведения медицинских осмотров детей в общеобразовательных организациях.

С целью изучения воздействия комплекса факторов (вынужденная поза, отсутствие динамической разгрузки), обусловленных использованием сотовых телефонов обучающимися общеобразовательных организаций во время перемен, была проведена сравнительная оценка результатов диагностики распространенности нарушений осанки у детей и дана сравнительная оценка информативности данной методики по сравнению с традиционным методом диагностики при проведении профилактических медицинских осмотров в общеобразовательных организациях.

Осуществлена сравнительная оценка показателей патологической пораженности школьников на основании статистических форм отчетности Федерального статистического наблюдения № 31 «Сведения о медицинской помощи детям и подросткам» и данным формы отраслевого статистического наблюдения № 9 «Сведения о санитарно-эпидемиологическом состоянии учреждений для детей и подростков» за 2006–2015 гг. Анализ позволил оценить проблему нарушений осанки и сколиоза в различных возрастных группах (до поступления в школу, в конце первого года обучения, при переходе к предметному обучению и по достижению 15-летнего возраста), а также закономерности изменения показателей патологической пораженности школьников за период получения основного общего образования, из взаимообусловленности от показателей удельного веса школ и обследованных рабочих мест, не отвечающих гигиеническим требованиям в части обеспеченности ученической мебелью, соответствующей росто-возрастным особенностям учащихся, и уровню искусственной освещенности [5].

Распространенность нарушений осанки среди школьников за период обучения в школе возрастает в среднем в 1,4–2,8 раза ($m = 2,1$, стандартное отклонение $= \pm 0,7$).

Перед обучением в школе среднемноголетний показатель составил в целом по РФ 7,78 на 100 осмотренных детей. Среднемноголетние показатели находились в диапазоне от 3,52 до 12,08 (на 100 осмотренных, это диапазон $m \pm$ ст. откл.) по 65 субъектам Федерации.

В конце первого года обучения среднемноголетний показатель составил в целом по РФ 10,82 на 100 осмотренных детей. Среднемноголетние показатели

находились в диапазоне от 4,58 до 17,02 (на 100 осмотренных, это диапазон $m \pm$ ст. откл.) по 67 субъектам Федерации.

При переходе к предметному обучению среднемноголетний показатель составил в целом по РФ 11,88 на 100 осмотренных детей. Среднемноголетние показатели находились в диапазоне от 5,36 до 19,8 (на 100 осмотренных, это диапазон $m \pm$ ст. откл.) по 62 субъектам Федерации.

По достижению 15-летнего возраста среднемноголетний показатель составил в целом по РФ 13,67 на 100 осмотренных детей. Среднемноголетние показатели находились в диапазоне от 6,72 до 21,50 (на 100 осмотренных, это диапазон $m \pm$ ст. откл.) по 65 субъектам Федерации.

Распространенность сколиоза среди школьников за период обучения в школе возрастает в среднем в 3,7–11,1 раза ($m = 7,4$, стандартное отклонение = ± 3,7).

Выявлена статистически значимая обусловленность нарушений осанки в зависимости от удельного веса рабочих мест в образовательных организациях, не соответствующих росто-возрастным особенностям школьников в возрастных группах при переходе к предметному образованию и 15-летние школьники (коэффициенты корреляции составили соответственно 0,07 и 0,28 ($p \leq 0,05$), коэффициенты детерминации составили соответственно – 0,5 %, и – 7,8 %.

Оценка взаимообусловленности нарушений осанки у школьников в зависимости от имеющейся патологии зрения выявила наличие статистически значимых связей во всех возрастных группах, в том числе по возрастной группе до поступления в школу коэффициент корреляции составил 0,30, коэффициент детерминации – 9,0 %; по возрастной группе в конце первого года обучения коэффициент корреляции составил 0,52, коэффициент детерминации – 27,1 %; по возрастной группе при переходе к предметному обучению коэффициент корреляции составил 0,47, коэффициент детерминации – 22,1 %; по возрастной группе по достижению 15-летнего возраста коэффициент корреляции составил 0,38, коэффициент детерминации – 14,5 %.

Результаты приведенного анализа подтверждают необходимость серьезного подхода к решению проблемы профилактики нарушений осанки у учащихся общеобразовательных организаций. Серьезное внимание необходимо уделять постоянному контролю уровня распространенности отклонений со стороны опорно-двигательного аппарата на стадии формирования функциональных отклонений, для чего необходимо использование современных методов диагностики и оценки этих нарушений.

В связи с этим проведена сравнительная оценка результатов исследования нарушений осанки, полученных с помощью компьютерного топографа оптического, и результатов, полученных при проведении профилактических медицинских осмотров школьников 11–17 лет.

В период с февраля по март 2020 г. были обследованы методом КОМОТ учащиеся двух общеобразовательных организаций г. Новосибирска с 6-го по 8-й классы и 10-х классов. В группе наблюдения были введены ограничительные меры по использованию сотовых телефонов во время перемен и уроков, в группе контроля дети продолжали использовать сотовые телефоны на переменах и во время уроков. В контрольной группе было обследовано 142 ребенка, в группе наблюдения – 167 детей.

Также была проведена выкопировка данных из ф. 026-у-2000 «Медицинская карта ребенка для образовательных учреждений дошкольного начального общего, среднего (полного) общего образования, учреждений начального и среднего профессионального образования, детских домов и школ-интернатов» с целью сбора,

формализации и анализа информации о результатах медицинских осмотров детей, наличия нарушений осанки и сопоставления полученных данных с результатами оптической топографии. В результате сопоставления данных, полученных методом компьютерной оптической топографии (КОМОТ), и медицинских осмотров детей были получены следующие сведения.

В группе наблюдения по результатам оптической топографии (ОТ) было установлено, что у 79 детей (47,3 %) данные по нарушениям осанки совпадают с данными медицинских осмотров. У 80 детей (47,9 %) методом КОМОТ были выявлены различные нарушения осанки, а по данным медицинского осмотра у этих детей нарушения не были обнаружены. Гипердиагностика была зарегистрирована у 8 детей (4,8 %) по данным медицинских осмотров.

В группе контроля по результатам оптической топографии (ОТ) было выявлено, что у 106 детей (74,6 %) данные по нарушению осанки совпадают с данными медицинских осмотров. У 27 детей (19 %) методом КОМОТ были выявлены различные нарушения осанки, а по данным медицинского осмотра у этих детей нарушения не были обнаружены. Гипердиагностика была зарегистрирована у 9 детей (6,3 %) по данным медицинских осмотров.

Выявленные различия могут быть связаны с тем, что большинство детей из контрольной группы ранее были обследованы методом КОМОТ и получали лечение на основании данных оптической топографии, в то время как только малая часть детей из группы наблюдения была обследована данным методом.

Кроме этого, нами осуществлялась сравнительная оценка распространенности нарушений осанки у обучающихся общеобразовательных организаций с разным порядком использования устройств мобильной связи.

В группе наблюдения по результатам оптической топографии во фронтальной плоскости доля детей с деформацией позвоночника составила 4,2 % (6 человек), когда у детей в группе контроля – 7,2 % (12). Также нарушений осанки в группе контроля меньше – 12,7 % (18) против 15,8 % (26) в группе наблюдения.

Статистически значимых различий в полученных результатах распространенности нарушений осанки у школьников с введенным динамическим компонентом во время перемен (в течение последних двух учебных четвертей) и с отсутствием такового, с превалированием вынужденной статической позы во время перемен, обусловленной концентрацией внимания детей на личных устройствах мобильной связи, выявлено не было. Что, вероятно, обусловлено существенно большим по продолжительности периодом формирования нарушений осанки у детей в сравнении с периодом действия введенных в общеобразовательных организациях ограничений на использование сотовых телефонов.

Полученные данные, на наш взгляд, не свидетельствуют об эффективности или неэффективности введенных ограничительных мероприятий по использованию устройств мобильной связи в общеобразовательных организациях в профилактике нарушений осанки, поскольку формирование нарушений осанки характеризуются длительным (три года и более) латентным периодом.

Выводы:

1. Распространенность нарушения осанки у учащихся общеобразовательных организаций требует значительного внимания, особенно в связи с ростом ее распространенности и с повсеместным использованием школьниками гаджетов, компьютеров и иных электронных приспособлений.

2. Метод оптической топографии более информативен в сравнении с субъективным безынструментальным осмотром врачом-ортопедом, что определяет необходимость введения метода оптической топографии в скрининговую программу школьников для раннего выявления нарушений осанки у детей и коррекции этих нарушений.

3. Изучение влияние использования средств мобильной связи и эффективности ограничительных мер на формирование нарушений осанки школьников, а также расчета рисков формирования нарушений требует дальнейшего и детального изучения.

Список литературы

1. Бабенков Н.Д. Двигательная активность в жизни человека // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2017. – № 7 (149). – С. 16–18.

2. Васенин Г.А., Германов Г.Н., Германова Л.А. Экспериментальное обоснование норм двигательной активности школьников при подготовке к сдаче тестовых испытаний всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО в условиях новых образовательных комплексов (на примере г. Москвы) // Актуальные проблемы внедрения комплекса ГТО и развития массового спорта. –2016. – С. 143–149.

3. Васенин Г.А., Германов Г.Н., Машошина И.В. Нормирование двигательного режима у учащихся 11–13 лет в школе «полного дня» // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2014. – № 11 (117). – С. 15–22.

4. Ерофеев Ю.В., Новикова И.И., Флянку И.П. Гигиеническая оценка двигательной активности и физической подготовленности школьников: отчет о НИР / ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора. – Новосибирск, 2014. – 130 с.

5. Информационные материалы: сравнительная оценка показателей патологической пораженности школьников Российской Федерации (за период с 2006 по 2015 годы – по данным статистических форм отчетности) / И.И. Новикова, Ю.В. Ерофеев, В.В. Турбинский, А.С. Крига, А.В. Денисов. – 2017. – 28 с.

6. Сарнадский В.Н., Фомичев Н.Г. Мониторинг деформации позвоночника методом компьютерной оптической топографии: пособие для врачей МЗ РФ. – Новосибирск: НИИТО, 2001.

7. Толмачёв Д.А., Султанова А.Р., Копылова Е.В. Сравнение гиподинамии у школьников городской и сельской школы // Форум. Серия: Гуманитарные и экономические науки. – 2019. – № 2 (17). – С. 83–85.

8. Флянку И.П., Новикова И.И., Ерофеев Ю.В. Проблема гиподинамии у школьников и организация работы по восполнению дефицита двигательной активности // Актуальные вопросы гигиены, профпатологии и медицинской реабилитации: сборник статей всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Новосибирск, 2014. – С. 152–159.

9. Cobb J.R. Outline for the study of scoliosis // Instructional Course Lectures / Edited by J.W. Edwards, Ann Arbor, Amer. Acad. of Orthopedic Surg. – 1948. – Vol. 5. – P. 261–275.

10. Drerup B., Hierholzer E. Back shape measurement using video rasterstereography and threedimensional reconstruction of spinal shape // Clin. Biomech. – 1994. – Vol. 9, № 1. – P. 28–36.

11. Moire fringe topography of the scoliotic back / M.H. Pope, D.G. Wilder, M.S. Moreland [et al.] // Orthop. Trans. – 1978. – № 2. – P. 175.

12. Suzuki N. Early detection of scoliosis using Moire topography // Orthop. Traum. – 1979. – Vol. 22. – P. 251–260.

13. Takasaki H. Moire Topography // Appl. Opt. – 1970. – № 9. – P. 1467–1472.

14. Turner-Smith A.R. Television scanning technique for topographic body measurements // Biostereometrics'82, SPIE. – 1983. – P. 279–283.

15. Wojcik A.S., Phillips G.F., Mehta M.H. Recording of the back surface and spinal shape by the Quantec imaging system – a new technique the scoliosis clinic // J. Bone Joint Surg. – 1994. – Vol. 76-B (Supp. I). – P. 10–11.

Основные тенденции заболеваемости детского населения в Пензенской области за 1991–2019 гг.

Е.В. Васильев[1], М.В. Перекусихин[2, 3], В.В. Васильев[3,4], А.П. Дмитриев[3]

[1]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области»,
[2]Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пензенской области,
[3]ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
[4]Пензенский институт усовершенствования врачей – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России,
г. Пенза, Россия

Установлены и охарактеризованы основные тенденции заболеваемости детей и подростков в 2009–2019 гг. Отмечается снижение первичной и общей заболеваемости детей в возрасте 0–14 и 15–17 лет как в целом, так и по большинству классов болезней. Проблемной для региона продолжает оставаться заболеваемость детей болезнями нервной системы и ожирением, среди подростков – заболеваемость болезнями эндокринной системы, расстройствам питания, новообразованиями, болезнями органов пищеварения, ожирением, травмами и отравлениями. Необходимо повысить профилактические меры по стабилизации и снижению перечисленных заболеваний.

Ключевые слова: заболеваемость детей, ожирение, средний темп прироста.

В первые два десятилетия в новейшей России отмечался неуклонный рост зарегистрированной заболеваемости детского и подросткового населения [3, 8, 12]. В третьем десятилетии динамика показателей не так однозначна: отмечается снижение первичной и общей заболеваемости в целом, но наблюдается ухудшение показателей по некоторым классам болезней, выражены региональные особенности [1, 4, 7]. Неблагоприятные тенденции в состоянии здоровья, как и в предыдущие два десятилетия, обусловлены, прежде всего, ростом мультифакториальной и возрастной патологии, где, несомненно, ведущая роль принадлежит экологическим и социальным факторам, в том числе образу жизни [3, 10]. Поскольку здо-

ровье детей определяет здоровье нации на ближайшую перспективу, вопросы его сохранения нуждаются в необходимости изучения на территории всей страны. Тем самым становится очевидной актуальность изучения особенностей в состояния здоровья подрастающего поколения в каждом регионе.

Цель работы – выявить основные тенденции заболеваемости детского населения региона за 2009–2019 гг. и обосновать меры, направленные на улучшение здоровья детей и подростков.

Материалы и методы. Изучена заболеваемость детей и подростов, проживающих на территории Пензенской области, по данным статистических форм учета № 12. Достоверность официальной статистической отчетности ф. 12 по Пензенской области у специалистов, изучивших эту проблему в разрезе всех регионов Российской Федерации, каких-либо сомнений не вызывает [9].

Точкой отсчета послужил 2009 г., когда прекратился рост уровня зарегистрированной заболеваемости, продолжавшийся среди детей в возрасте 0–14 лет с 1991 по 2008 г. и был зарегистрирован пик заболеваемости среди подростков. Выбранный период, составляющий 11 лет, соответствует требованиям, предъявляемым к объему выборки для анализа динамики, где необходимым сроком является период не менее шести лет.

Для осуществления обобщенной количественной оценки тенденций заболеваемости за одиннадцатилетний период проведено выравнивание динамических рядов и рассчитан средний темп прироста. По проблемному для региона заболеванию определен тренд, выраженный в логарифмической шкале за одиннадцатилетний промежуток времени. Также изучено влияние социально-экономических факторов, в том числе образа жизни, на развитие проблемной патологии.

Результаты. С 1991 по 2008 г. в Пензенской области заболеваемость с впервые в жизни установленным диагнозом (первичная заболеваемость) детей в возрасте до 14 лет увеличилась в 1,58 раза (с 114 762,5 до 181 217,0 на 100 тыс. детей соответствующего возраста), – детей подросткового возраста (15–17 лет) – в 2,13 раза (с 71 294,6 до 151 696,7), что соответствует тенденциям заболеваемости детей и подростков за данный период в целом по Российской Федерации – увеличение в 1,5 и 2,0 раза соответственно. Рост показателя первичной заболеваемости связан как с истинным ухудшением состояния здоровья детей, так и с улучшением диагностики. За период 1990–2008 гг. рост заболеваемости детей и подростков наблюдался по всем классам болезней.

За период 2009–2019 гг. в динамике как первичной, так и общей заболеваемости (распространенность заболеваний) детского и подросткового населения в целом по всем 20 классам болезней наблюдается незначительное снижение показателя заболеваемости (рис. 1). Первичная заболеваемость детей в регионе уменьшилась на 11,06 %, средний темп прироста составил (–0,74 %). Общая заболеваемость снизилась на 7,67 %, средний темп прироста составил (–1,03 %). Среди подростков первичная заболеваемость снизилась на 10,86 %, средний темп прироста составил (–0,43 %). Общая заболеваемость уменьшилась на 6,5 %, средний темп прироста составил (–0,46 %).

Снижение уровня первичной заболеваемости детей произошло по большинству классов болезней: болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани – 2,8 раза, болезни уха и сосцевидного отростка – 1,9 раза, болезни крови и кроветворных органов – 1,7 раза, болезни глаза и его придаточного аппарата – 1,6 раза,

психические расстройства, расстройства поведения – 1,5 раза, болезни системы кровообращения и болезни кожи и подкожной клетчатки – 1,4 раза. Исключение составили болезни нервной системы – рост на 36,7 % и травмы, отравления и некоторые последствия воздействия внешних причин – рост на 24,3 %.

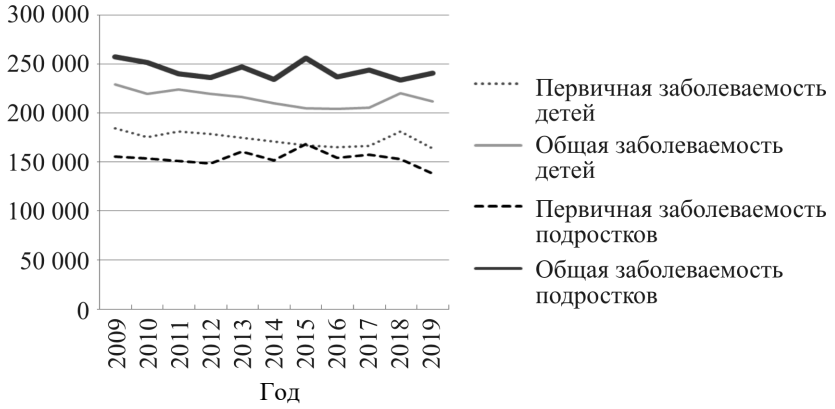


Рис. 1. Заболеваемость детей и подростков
в Пензенской области в 2009–2019 гг.

Уровень общей заболеваемости среди детей уменьшился по многим классам, но в меньшей степени, чем первичная заболеваемость: болезни уха и сосцевидного отростка – 1,8 раза, болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани – 1,6 раза, психические расстройства, расстройства поведения – на 23,7 %, болезни кожи и подкожной клетчатки – на 22, %, болезни крови и кроветворных органов – на 16,1 %, болезни системы кровообращения – на 15,9 %. Увеличение произошло по классам болезни нервной системы – 1,6 раза, травмы, отравления и некоторые последствия воздействия внешних причин – рост на 21 %, новообразования – на 8,7 %, инфекционные и паразитарные болезни – на 6,1 %, болезни органов пищеварения – на 5,1 %. (табл. 1).

Таблица 1

Заболеваемость детей в возрасте 0–14 лет в Пензенской области
(на 100 тыс. населения соответствующего возраста)

Класс болезней	Первичная			Общая		
	2009 г.	2019 г.	Темп прироста, %	2009 г.	2019 г.	Темп прироста, %
Всего	184 278,4	163 851,6	–11,08	229 057,6	211 470,6	–7,67
ИПБ	6955,2	6697,1	–3,71	7733,1	8203,8	6,08
Н	458,9	363,6	–20,76	938,4	1020,7	8,77
БККО	1441,5	839,1	–39,70	2464,5	2067,0	–16,12
БЭСРП	1554,0	1409,9	–9,27	3783,4	3733,7	–1,31
ПРРП	649,1	424,3	–34,63	3532,2	2695,5	–23,69
БНС	1955,2	2673,4	36,73	4315,6	7031,6	62,93
БГПА	5765,0	3464,4	–39,91	10 326,2	9097,1	–11,90
БУСО	5083,4	2648,3	–47,90	5594,3	3013,0	–46,14

Окончание табл. 1

Класс болезней	Первичная			Общая		
	2009 г.	2019 г.	Темп прироста, %	2009 г.	2019 г.	Темп прироста, %
БСК	1430,3	983,6	–31,23	3118,1	2621,7	–15,92
БОД	114 139,9	111 193,7	–2,58	123 207,6	116 595,7	–5,37
БОП	9367,7	7771,9	–17,84	18 049,2	18 976,7	5,14
БКПК	8524,3	5940,2	–30,31	10 022,4	7729,3	–22,88
БКМССТ	7437,6	2626,3	–64,69	11 609,4	7377,7	–36,45
БМПС	2941,2	2372,0	–19,35	5847,8	5347,8	–8,55
ВА	637,9	473,5	–25,77	2087,3	1988,8	–4,72
ТОПВВП	9576,4	11 908,5	24,35	9843,9	11 908,5	20,97

Примечание: здесь и в табл. 2: ИПБ – инфекционные и паразитарные болезни, Н – новообразования, БККО – болезни крови и кроветворных органов, БЭСРП – болезни эндокринной системы, расстройства питания, ПРРП – психические расстройства, расстройства поведения, БНС – болезни нервной системы, БГПА – болезни глаза и его придаточного аппарата, БУСО – болезни уха и сосцевидного отростка, БСК – болезни системы кровообращения, БОД – болезни органов дыхания, БОП – болезни органов пищеварения, БКПК – болезни кожи и подкожной клетчатки, БКМССТ – болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани, БМПС – болезни мочеполовой системы, ВА – врожденные аномалии, ТОПВВП – травмы, отравления и некоторые последствия воздействия внешних причин.

Наибольшее сокращение первичной заболеваемости подростков наблюдается по психическим расстройствам, расстройствам поведения – в 4,2 раза, инфекционным и паразитарным болезням – на 54,8 %, болезнями крови и кроветворных органов – на 39,6 %, болезнями глаза и его придаточного аппарата – на 37,9 %, болезнями уха и сосцевидного отростка – на 31,5 %, болезням кожи и подкожной клетчатки – на 28,1 %, болезням системы кровообращения – 27.4 %, болезням костно-мышечной системы и соединительной ткани – 21 %, болезни органов дыхания – на 17 %.

Рост показателей первичной заболеваемости детей в возрасте 15–17 лет зарегистрирован по следующим классам: врожденные аномалии – в два раза, травмы и отравления – на 48,1 %, болезни органов пищеварения – на 36,7 %, болезни эндокринной системы, расстройства питания – на 31,7 %, новообразования – на 29,6 %, болезни мочеполовой системы – на 18,9 %, болезни нервной системы – на 7,4 % (табл. 2).

В динамике за 10 лет тенденции общей заболеваемости подростков практически не отличаются от тенденций первичной заболеваемости. Среди подростков рост уровня общей заболеваемости произошел по тем же классам болезней, за исключением болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани, которые увеличились на 11,2 %. Соответственно рост показателя общей заболеваемости отмечается по классам: врожденные аномалии – на 28,1 %, травмы и отравления – на 36,7 %, болезни органов пищеварения – на 33 %, болезни эндокринной системы, расстройства питания – на 44,2 %, новообразования – в 1,5 раза, болезни мочеполовой системы – на 19,2 %, болезни нервной системы – на 11 %.

Следует отметить, что снижение общей заболеваемости в целом по всем классам болезней среди подростков, в отличие от детей в возрасте до 14 лет, произошло преимущественно за счет уменьшения заболеваемости болезнями органов дыхания.

Таблица 2

Заболеваемость подростков (15–17 лет) в Пензенской области
(на 100 тыс. населения соответствующего возраста)

Класс болезней	Первичная			Общая		
	2009 г.	2019 г.	Темп прироста, %	2009 г.	2019 г.	Темп прироста, %
Всего	155 343,8	13 8481,1	–10,86	257 295,9	240 569,8	–6,50
ИПБ	5277,0	3437,8	–34,85	5820,2	4209,0	–27,68
Н	301,3	390,5	29,61	719,3	1097,8	52,62
БККО	568,7	343,2	–39,65	1107,6	852,0	–23,08
БЭСРП	1621,1	2136,0	31,76	5796,9	8363,7	44,28
ПРРП	1903,3	443,8	–76,68	6161,8	4147,8	–32,69
БНС	4443,3	4775,0	7,47	11 723,1	13 020,3	11,07
БГПА	8824,7	5479,1	–37,91	24921	23 466,8	–5,84
БУСО	3329,3	2278,0	–31,58	4362,5	2730,7	–37,41
БСК	2100,6	1523,6	–27,47	5756,5	4695,1	–18,44
БОД	79 373,6	65 838,3	–17,05	101 201	73 542,2	–27,33
БОП	12 103,0	16 543,9	36,69	31 912,4	42 460,3	33,05
БКПК	10 112,7	7266,1	–28,15	12 845,6	10 073,7	–21,58
БКМССТ	8391,9	6630,0	–21,0	20 403,6	22 688,7	11,20
БМПС	5332,2	6340,0	18,90	10 715,3	12 780,7	19,28
ВА	244,0	491,1	101,27	1411	1807,6	28,11
ТОПВВП	9715,9	14 390,1	48,11	10 522,2	14 390,1	36,76

Одним из проблемных социальных вопросов в регионе является увеличение заболеваемости детского населения ожирением. Общая заболеваемость ожирением в Пензенской области среди детей в возрасте 0–14 лет в динамике за 2009–2019 гг. увеличилась в 2,1 раза – с 840,5 до 1780,9 на 100 тыс. детей соответствующего возраста (средний темп прироста за 10 лет составил 8,07 %). Первичная заболеваемость среди них увеличилась в 3,42 раза – с 205, 6 до 705,7 (средний темп прироста составил 14,38 %) (рис. 2, рис. 3).

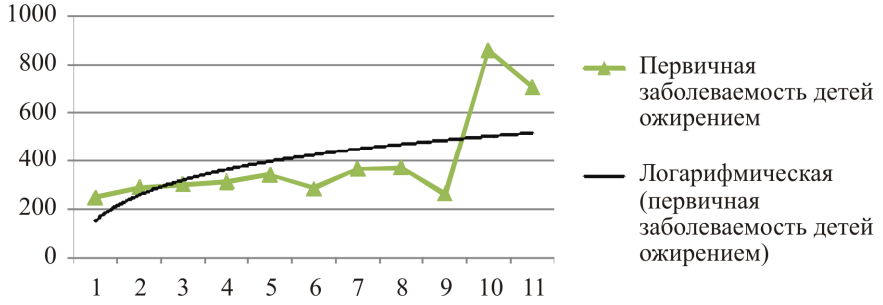


Рис. 2. Первичная заболеваемость детей ожирением в Пензенской области за 2009–2019 гг. (здесь и на рис. 3–5: *1* – 2009 г., *2* – 2010 г., *3* – 2011 г., *4* – 2012 г., *5* – 2013 г., *6* – 2014 г., *7* – 2015 г., *8* – 2016 г., *9* – 2017 г., *10* – 1018 г., *11* – 2019 г.)

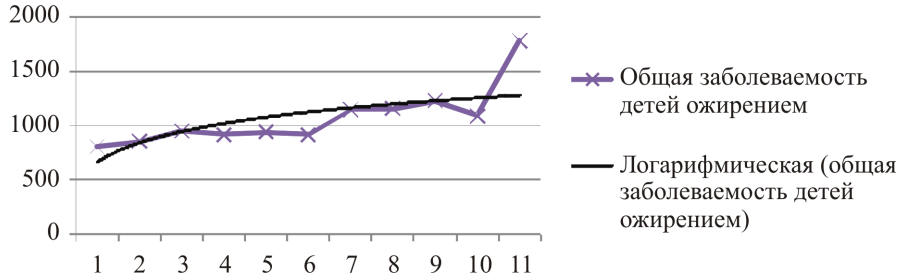


Рис. 3. Общая заболеваемость детей ожирением
в Пензенской области за 2009–2019 гг.

Среди подростков (15–17 лет) общая заболеваемость в динамике за 2009–2019 гг. увеличилась в 1,56 раза – с 1896,9 до 2979,9 на 100 тыс. детей соответствующего возраста (средний темп прироста составил 8,05 %). Первичная заболеваемость увеличилась в 2,28 раза – с 386,2 до 881,6 (средний темп прироста составил 8,64 %) (рис. 4, рис. 5).

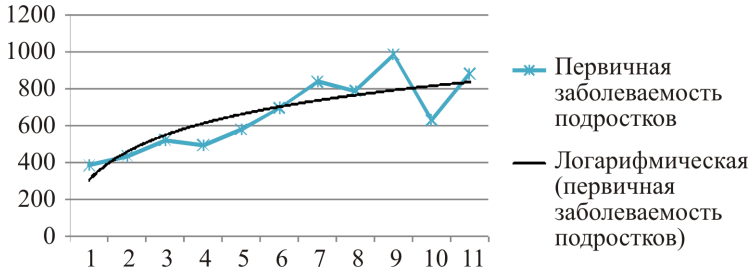


Рис. 4. Первичная заболеваемость подростков ожирением
в Пензенской области за 2009–2019 гг.

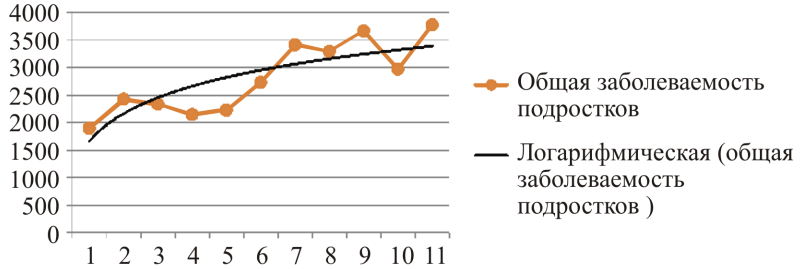


Рис. 5. Общая заболеваемость подростков ожирением
в Пензенской области за 2009–2019 гг.

Тренд, выраженный в логарифмической шкале за десятилетний промежуток времени, имеет тенденцию к возрастанию, т.е. увеличению числа детей и подростков, страдающих ожирением. Дети, страдающие ожирением, с большей вероятностью, чем их сверстники с нормальным весом, будут иметь избыточную массу тела и ожирение во взрослом возрасте. С учетом опубликованных эпидемиологических данных [5], свидетельствующих о том, что 50 % детей школьного возраста и около

70 % подростков, страдающих ожирением, вследствие трекинга ожирения из детства во взрослую жизнь становятся тучными взрослыми, можно прогнозировать значительное увеличение в регионе числа взрослых с ожирением в зрелом возрасте с вытекающими отсюда последствиями (повышенный риск сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета 2-го типа и преждевременной смерти). Полученные нами данные по ожирению детей совпадают со статистикой ожирения детей и подростков в целом по Российской Федерации за последние годы [6, 11].

Результаты анализа статистики ожирения среди детей свидетельствуют о необходимости уделять больше внимание пропаганде сбалансированного питания и двигательной активности детей. Именно эти два управляемых фактора риска способствуют развитию ожирения в детском возрасте. Между тем, как показали наши предыдущие исследования, в регионе только у половины школьников пищевое поведение соответствует требованиям здорового питания, у 60 % – отмечается достаточная физическая активность [2].

Показатель хронизации заболеваний в целом по всем классам болезней за 2009–2019 гг. среди детей в возрасте 0–14 лет увеличился с 1,65 до 1,73, 15–17 лет – с 1,24 до 1,27, что свидетельствует о росте хронической патологии.

Выводы. За последнее десятилетие (2009–2019 гг.) в Пензенской области отмечается снижение первичной и общей заболеваемости детей в возрасте 0–14 лет.

Список литературы

1. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю. Состояние здоровья детей России, приоритеты его сохранения и укрепления // Казанский медицинский журнал. – 2018. – Т. 99, № 4. – С. 698–705.

2. Васильев В.В., Перекусихин М.В. Гигиеническая оценка реализации мероприятий по снижению рисков, сохранению и укреплению здоровья детей в общеобразовательных организациях // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 3. – С. 128–135.

3. Заболеваемость детского населения России / А.А. Баранов, В.Ю. Альбицкий, А.А. Модестов, С.А. Косова, В.И. Бондарь, И.М. Волков. – М.: ПедиатрЪ, 2013. – 280 с.

4. Зубриянова Н.С., Дмитриев А.П., Мошенская О.А. К вопросу оценки влияния социально-экономических факторов на состояние здоровья подростков Пензенской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 11–1. – С. 157–162.

5. Коваленко Т.В., Ларионова М.А. Трекинг ожирения в детском возрасте // Педиатрия. – 2019. – Т. 98, № 4. – С. 128–135.

6. Огрызко Е.В., Шелепова Е.А., Тюрина Е.М. Статистика ожирения у детей в Российской Федерации за 2014–2018 годы // Менеджер в здравоохранении. – 2020. – № 4. – С. 37–42.

7. Основные показатели здоровья матери и ребенка, деятельность службы охраны детства и родовспоможения в Российской Федерации. – М., 2019. – 169 с.

8. Особенности заболеваемости подростков 15–17 лет в Российской Федерации в динамике за 2000–2015 годы / Э.Н. Матвеев, Е.М. Маношкина, М.Н. Бантьева [и др.] // Менеджмент в здравоохранении. – 2017. – № 6. – С. 13–21.

9. Оценка качества информации о здоровье детей в России: межрегиональные сравнения и классификация / Ж.В. Гудинова, Г.Н. Жерикова, С.С. Болотова, И.В. Гегечкори // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 3. – С. 77–

10. Пастбина И.М., Кригер Е.А., Самодова О.В. Пути сохранения детского здоровья [Электронный ресурс] // Социальные аспекты здоровья населения. – 2019. – Т. 65 (4). – URL: http://vestnik.mednet.ru/content/view/1089/30/lang,ru/ (дата обращения: 07.09.2020). DOI: 10.21045/2071-5021-2019-65-4-6

11. Рекомендации по диагностике, лечению и профилактике ожирения у детей и подростков. – М.: Практика, 2015. – 136 с.

12. Улумбекова Г.Э., Калашникова А.В., Мокляченко А.В. Показатели здоровья детей и подростков в России и мощности педиатрической службы // ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучение. – 2016. – № 3. – С. 18–32.

Основы организации режима дня и работоспособности обучающихся образовательных организаций

Л.Н. Маврина[1], Л.Н. Тимерьянова[2]

[1]ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
[2] ГАУ ДПО «Институт развития образования Республики Башкортостан»,
г. Уфа, Россия

Представлены результаты исследования дневной и недельной динамики уровня умственной работоспособности учащихся средних классов. Полученные данные по результатам корректурного теста позволяют сделать вывод, что период устойчивой работоспособности приходится только на вторник и среду, с четверга работоспособность низкая, а к пятнице утомление развивается уже после первого урока.

Ключевые слова: школьники, переутомление, режим дня, умственная работоспособность, занятия, утомляемость.

В последнее время проблема сохранения, укрепления, а также развития умственной работоспособности приобретает все большее значение в связи с социальными преобразованиями и обновлением содержания школьного образования. Модернизация учебных программ, возрастающий объем информации, разнообразные технические средства обучения – все это влечет к повышению умственной деятельности и создает давление на нервно-психические функции учащихся [2, 6, 7]. Очень важным гигиеническим принципом построения режима дня школьника является рациональная организация учебно-воспитательного процесса, при которой получение разносторонних знаний сочетается с укреплением здоровья школьников и способствует формированию целостной, востребуемой обществом личности.

Одной из причин возникновения и развития различных заболеваний у современного поколения школьников является умственное переутомление. Так как учащийся в школе проводит большую часть своего времени, данное явление мо-

жет быть вовремя замечено педагогом и ликвидировано с помощью физических упражнений, релаксации, прогулки на свежем воздухе и т.п. Одним из главных показателей активного функционального состояния психики служит умственная работоспособность, которая интегрирует основные свойства психики – восприятие, внимание, память и др. Оценка умственной работоспособности ученика очень важна как для выявления персональных индивидуальных особенностей школьников, так и для контроля за функциональным состоянием центральной нервной системы (ЦНС) ребенка.

В работе мы изучили динамику развития умственной работоспособности учащихся 5-х и 6-х классов, так как этот период школьной жизни является наиболее сложным – осуществляется переход из начального звена в среднее.

Режим дня изучали методом хронометрирования, умственную работоспособность – путем предъявления дозированной во времени работы по таблицам В.Я. Анфимова.

Школьное расписание должно составляться согласно санитарным нормам и правилам (СанПиН 2.4.2.2821-10 «Требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях»), где указана максимальная нагрузка на учеников, а также даны требования к организации учебного дня. На практике же, естественно, не соблюдаются данные санитарные правила, и даже больше того, дети, которые занимаются по углубленной программе (дополнительные занятия, факультативы и т.д.), проводят в школе две учебных смены подряд.

В такой ситуации гигиенически рациональный режим умственной работы является одной из первоочередных и кардинальных мер предупреждения чрезмерного функционального напряжения, преждевременного утомления и последующего переутомления учащихся.

Изучение динамики работоспособности учащихся проводили при двух вариантах режима дня обучения (табл. 1).

В первые три дня недели умственная работоспособность у большинства учащихся развивается по благоприятному типу (табл. 2).

Таблица 1

Варианты режима дня учащихся

Первый вариант (стандартный школьный)	
Время	Элемент режима
7.30–7.55* 8.00–8.45	Приход детей в школу; 1-й урок
8.45–8.50 8.50–9.35	1-я перемена; 2-й урок
9.35–9.40 9.40–10.25*	2-я перемена; 3-й урок
10.25–10.35 10.35–11.20	3-я перемена; 4-й урок
11.20–11.35 11.35–12.15*	4-я перемена; 5-й урок
12.15–12.30 12.30–13.10	5-я перемена; 6-й урок

Окончание табл. 1

Второй вариант (экспериментальный)	
7.30–7.45* 7.45–7.55	Приход детей в школу; гимнастика до уроков
8.00–8.45 8.45–8.50	1-й урок; 1-я перемена
8.50–9.35 9.35–9.40	2-й урок; 2-я перемена
9.40–10.25* 10.25–10.35	3-й урок; 3-я перемена
10.35–11.20 11.20–11.40	4-й урок; динамическая пауза**
11.40–12.55 12.55–13.35*	4-я перемена; 5-й урок
13.35–14.10 14.10–13.55	5-я перемена; 6-й урок

Примечание: * – время исследования умственной работоспособности; ** – динамическая пауза – подвижные игры на открытом воздухе.

Таблица 2

Показатели работоспособности по корректурному тесту при разных вариантах режима работы и дней недели

Вариант режима	Время исследования	C_1	c_1	C_2	c_2	ПСАд
		$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	
Понедельник – среда						
Первый	До уроков	372 ± 17,1 – 432 ± 12,4	0,22 ± 0,07 –0,40 ± 0,09	327 ± 13,8 –380 ± 11,7	0,58 ± 0,08 – 0,67 ± 0,10	от –45 до –52
	После 3-го урока	345 ± 14,2 – 432 ± 15,4	0,27 ± 0,05 – 0,42 ± 0,08	315 ± 12,4 – 385 ± 15,3	0,32 ± 0,07 – 0,68 ± 0,10	от –30 до –47
	После 5-го урока	425 ± 17,6 – 477 ± 11,6	0,38 ± 0,09 – 0,55 ± 0,12	360 ± 14,7 – 415 ± 11,1	0,67 ± 0,11 – 0,69 ± 0,12	от –62 до –65
Второй	До уроков	378 ± 17,2 – 430 ± 14,5	0,20 ± 0,06 – 0,22 ± 0,05	329 ± 13,8 – 382 ± 14,1	0,55 ± 0,06 – 0,57 ± 0,08	от –48 до –49
	После 3-го урока	412 ± 12,7 – 428 ± 11,2	0,47 ± 0,06 –0,49 ± 0,05	385 ± 11,0 – 389 ± 11,6	0,65 ± 0,12 –0,67 ± 0,10	от –43 до –48
	После 5-го урока*	375 ± 13,8 – 428 ± 11,1	0,52 ± 0,14 – 0,58 ± 0,14	322 ± 12,2 –375 ± 13,2	0,57 ± 0,15 –0,65 ± 0,09	–53
Четверг						
Первый	До уроков	341 ± 15,8	0,37 ± 0,07	283 ± 12,7	0,78 ± 0,16	–58
	После 3-го урока	381 ± 15,7	0,39 ± 0,06	355 ± 12,4	0,52 ± 0,12	–26
	После 5-го урока	355 ± 11,6	0,53 ± 0,10	285 ± 13,7	0,96 ± 0,15	–70
Второй	До уроков	348 ± 16,1	0,22 ± 0,07	295 ± 12,8	0,65 ± 0,08	–53
	После 3-го урока	387 ± 14,2	0,41 ± 0,09	342 ± 12,1	0,62 ± 0,17	–45
	После 5-го урока *	362 ± 16,7	0,57 ± 0,17	295 ± 13,2	0,68 ± 0,15	–67

Окончание табл. 2

Вариант режима	Время исследования	C_1	c_1	C_2	c_2	ПСАд
		$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	
Пятница						
Первый	До уроков	347 ± 14,2	0,32 ± 0,08	296 ± 16,6	0,62 ± 0,12	–51
	После 3-го урока	308 ± 11,6	0,78 ± 0,12	245 ± 14,9	0,91 ± 0,15	–63
	После 5-го урока	334 ± 13,3	0,56 ± 0,13	250 ± 13,7	0,90 ± 0,12	–84
Второй	До уроков	350 ± 15,8	0,24 ± 0,08	295 ± 11,7	0,62 ± 0,07	–55
	После 3-го урока	341 ± 14,5	0,85 ± 0,02	262 ± 12,8	0,69 ± 0,15	–62
	После 5-го урока *	323 ± 12,2	0,36 ± 0,07	262 ± 11,8	0,78 ± 0,11	–58

Примечание: ПСАд до – 60 (I ст.утомления); ПСАд до – 61–120 (II ст.утомления); ПСАд ниже – 120 (переутомление); C_1 и C_2 – количество просмотренных знаков в 1-й и 2-й части задания (после введения тормозного агента); c_1 и c_2 – количество ошибок в 1-й 2-й части задания в пересчете на 100 просмотренных знаков; * – до урока проведена динамическая пауза.

Как видно из таблицы, в понедельник после третьего урока наблюдался подъем показателей работоспособности, что свидетельствует о периоде врабатывания. К концу учебного дня при первом режиме дня наблюдается начальное утомление, о чем свидетельствует снижение числа просмотренных знаков, после занятия динамического характера (экспериментальный режим) вновь регистрировалось улучшение показателей работоспособности.

Во вторник отмечается рост работоспособности после 3-го урока при обоих вариантах режима. При втором варианте режима после 4-го урока выявлено увеличение концентрации внимания в первой части работы, однако рост показателей c_2 и ПСАд отражал рост утомления. После динамической паузы работоспособность повышалась, и в конце учебного дня она находилась примерно на том же уровне, что и до уроков.

В первые три дня недели умственная работоспособность у большинства учащихся развивается по благоприятному типу.

Как видно из таблицы, в понедельник после третьего урока наблюдался подъем показателей работоспособности, что свидетельствовало о периоде врабатывания. К концу учебного дня при первом режиме дня наблюдалось начальное утомление, о чем свидетельствовало снижение числа просмотренных знаков, после занятия динамического характера (экспериментальный режим), вновь регистрировалось улучшение показателей работоспособности.

Во вторник отмечается рост работоспособности после 3-го урока при обоих вариантах режима. При втором варианте режима после 4-го урока выявлено увеличение концентрации внимания в первой части работы, однако рост показателей c_2 и ПСАд отражал рост утомления. После динамической паузы работоспособность повышалась, и в конце учебного дня она находилась примерно на том же уровне, что и до уроков.

В четверг после 3-го урока при обоих вариантах режима темп работы ускорялся. К 5-му уроку при первом варианте показатель c_2 – имел тенденцию роста, что свидетельствовало о наступлении первой фазы утомления. При экспериментальном варианте после динамической паузы темп работы имел тенденцию к снижению, показатель c_1 – к увеличению. Показатель c_2 и ПСАд – возрастал, что свидетельствовало о наступлении утомления. Таким образом, динамика работоспособности в четверг при обоих вариантах режима аналогична.

В пятницу при обоих вариантах исследования после 3-го урока появлялось утомление, которое сохранялось и увеличивалось в дальнейшем. Однако меньший

рост показателя ПСАд при втором варианте режима свидетельствовал о меньшем напряжении центральной нервной системы (ЦНС).

Установленная нами суточная и недельная динамика работоспособности учащихся в основном соответствовала отмеченной другими исследователями [1, 3–5].

Таким образом, наиболее продуктивными для учебы днями для учащихся среднего звена являются вторник и среда, однако при составлении расписания уроков во вторник следует учитывать неустойчивость работоспособности школьников в течение дня и чередовать уроки в соответствии с их трудностью. В пятницу и субботу для учащихся всех классов необходимо обеспечить наименьшую нагрузку за счет максимального уменьшения в расписании в эти дни уроков с учебными дисциплинами высокой трудности. В свою очередь второй (экспериментальный) режим дня показал, что под влиянием двигательной активности умственная работоспособность остается стабильной в течение дня и недели.

Не рекомендуется сочетать два или три трудных урока подряд, и тем более их спаривать (например физика, математика). Лучше чередовать их с менее трудными предметами (например география, биология). Рационально чередовать предметы естественно-математического и гуманитарного направлений с уроками физкультуры, труда, пения и рисования, что дает учащимся возможность переключаться с умственной деятельности на физическую. Такое переключение служит активным отдыхом и обеспечивает высокую работоспособность в течение всей учебной недели.

Основная задача рациональной организации учебных занятий заключается в том, чтобы, используя сочетания разнообразных видов деятельности на уроках и во время перемен, обеспечить сохранение работоспособности учащихся к концу занятий на довольно высоком уровне.

Список литературы

1. Анисимова Н.В., Монахова Н.Е., Савина Л.Н. Гигиеническая регламентация оценки школьного расписания уроков // Актуальные проблемы обучения физико-математическим и естественнонаучным дисциплинам в школе и вузе: сб. ст. VI Межрег. науч.-практ. конф. учителей, посвящ. 75-летию Педагогического института им. В.Г. Белинского. – Пенза: ПГУ, 2015. – С. 252–257.

2. Введение в психологию / под ред. П.Я. Гальперина. – Ульяновск: Ульяновский Дом печати, 1997. – С. 56–57.

3. Медведева С.А. Здоровьесбережение как основополагающий фактор психофизического развития дошкольников // Проблемы современного педагогического образования. – 2016. – № 51–6. – С. 266–272.

4. Мякотных В.В., Ходасевич Л.С. Возрастная динамика умственной работоспособности при различных режимах двигательной активности // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2012. – № 3. – С. 39–42.

5. Полунина Н.В. Состояние здоровья детей в современной России и пути его улучшения // Вестник Росздравнадзора. – 2013. – № 5. – С. 17–24.

6. Реализация здоровьесберегающих технологий в общеобразовательных учреждениях Ханты-Мансийского автономного округа / Р.В. Кучин, Н.Д. Нененко, Е.В. Мартюшева, Н.В. Черницына // Совершенствование системы физического воспитания, оздоровления детей, учащейся молодежи и других категорий населения: Материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. – Сургут, 2005. – С. 101–103.

7. Степанова М.И., Березина Н.О., Сазанюк З.И. Особенности жизнедеятельности и состояния здоровья московских дошкольников // Российский педиатрический журнал. – 2017. – Т. 20, № 1.– С. 44–47.

Роль эргономических факторов в развитии нарушений состояния опорно-двигательного аппарата у учащихся

В.Н. Долич, Н.Е. Комлева, В.А. Меденцов, Т.А. Новикова

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

В последние десятилетия, образовательный процесс все чаще рассматривается, как один из факторов риска развития нарушений состояния опорно-двигательного аппарата у лиц молодого возраста [2]. По мнению ученых, активное внедрение информационно-коммуникативных технологий в систему образования в значительной степени усугубляет данную проблему [1]. Применение компьютерной техники является неотъемлемой частью современного образования, однако ее использование подразумевает определенные санитарно-гигиенические условия, а также эргономические характеристики учебного места, несоблюдение которых является серьезным фактором риска развития функциональных нарушений состояния опорно-двигательного аппарата у лиц у учащихся.

Ключевые слова: опорно-двигательный аппарат, эргономические факторы, учебная мебель.

За последние годы образовательная система претерпела немало изменений. В образовательный процесс активно внедряются информационно-коммуникативные технологии (ИКТ). Образовательные порталы, электронные учебники, онлайн-тестирования, подготовка рефератов и презентаций являются основными методами обучения детей и подростков, начиная с начальных классов. К сожалению, активное внедрение ИКТ в образовательный процесс сопряжено с развитием целого ряда неблагоприятных факторов, влияющих на здоровье учащихся [4], и развитие нарушений состояния опорно-двигательного аппарата (ОДА) является одним из них. Во многом это обусловлено отсутствием эргономичной мебели в учебных классах или неправильным использованием данной мебели при ее наличии. Отсутствие учета антропометрических данных учащихся является важнейшей проблемой, лежащей в основе развития нарушений состояния ОДА [3]. Кроме того, при несоблюдении правил эргономики происходит повышение нагрузки на другие физиологические системы. Работая в неудобной позе, изменяется расстояние от глаз до монитора, увеличивается нагрузка на зрительный анализатор, снижается концентрация внимания, развивается быстрое утомление, что отрицательно сказывается на психоэмоциональном статусе учащихся и качестве самого процесса обучения [6].

Цель исследования – изучение роли эргономических факторов в развитии нарушений состояниях ОДА у учащихся профессиональных образовательных организаций.

Материалы и методы. Саратовским МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» была проведена оценка соответствия учебной мебели в компьютерных классах санитарно-

гигиеническим требованиям (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ» [5]) в профессиональных образовательных организациях. Эргономическая оценка учебных мест была проведена с учетом антропометрических показателей учащихся.

Изучено состояние ОДА у 308 учащихся профессиональных образовательных организациях в возрасте от 15 до 18 лет. Для исследования применялись стандартизированные формализованные анкеты, вертеброневрологическое обследование и мануальное тестирование. Исследование проводилось в соответствии с требованиями биоэтики, после подписания информированного согласия подростками и их родителями.

Результаты. В ходе изучения эргономических характеристик учебной мебели в компьютерных классах были выявлены следующие несоответствия санитарно-гигиеническим требованиям:

– площадь на одно рабочее место пользователя персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ) составляет менее 4,5 м³;

– отсутствие двух раздельных горизонтальных поверхностей на рабочем столе для ПЭВМ и для клавиатуры;

– отсутствие угла наклона горизонтальной поверхности стола для размещения клавиатуры (12–15°);

– большинство рабочих мест не обеспечены компьютерными креслами, вместо них установлены обычные стулья, не регулируемые по высоте и не имеющие профилировки;

– под столами отсутствуют подставки для ног.

Исследование эргономических параметров стульев позволило выявить несоответствие нормируемых размеров установленным к ним требованиям, определяющимся ростом обучающихся (таблица).

Эргономические характеристики рабочих мест, оборудованных ПЭВМ

Параметры стула	Фактическое значение	Рост учащихся в обуви, см / значения параметров, мм			
		131–145	146–160	161–175	>175
Высота поверхности сиденья над полом, мм	440 ± 40	340*	380*	420	460
Ширина сиденья, не менее, мм	375	290	320	340	360
Глубина сиденья, мм	360	330*	360	380*	400*
Высота верхнего края спинки над сиденьем, мм	300	310*	330*	360*	400*
Количество учащихся, %	–	0,3	16,9	54,2	28,6

Примечание: * – несоответствие росту учащихся.

Из приведенных в таблице данных следует, что эргономические параметры стульев в классах информатики не в полной мере соответствуют антропометрическим показателям обучающихся по высоте, глубине поверхности подушки сидения, высоте верхнего края спинки над сиденьем, а также не имеют подлокотников. Однако, согласно требованиям эргономики, конструкция рабочего сиденья должна обеспечивать физиологически правильную рабочую позу, удобное взаиморасположение корпуса и конечностей – создавать надежную опору позвоночнику и тазу,

сохраняя естественные изгибы позвоночного столба. Сиденье должно иметь подлокотники, регулировку подушки по высоте и спинки по высоте и углу наклона [5]. Соблюдение указанных требований создает условия для оптимальной нагрузки на ОДА, обеспечивает отсутствие статического напряжения на мышцы спины и шеи, нормальное функционирование систем организма и предупреждение раннего развития утомления.

По данным физикального обследования у 82 % учащихся установлены постуральные нарушения в виде перекосов таза, плечевого пояса и бокового наклона туловища, сколиотической осанки и патологии стоп. Результат анкетирования показали высокую частоту жалоб на боль в шейном (25 %), грудном (15 %) и поясничнo-крестцовом отделах позвоночника (30 %), а также на боль суставах (30 %). Общее количество подростков с нарушением осанки составило 72 %. У обследованных выявлены такие нарушения, как «круглая спина» (27 %), кругловогнутая (9 %), плоская спина (27 %), S- или С-образный сколиоз (63 и 37 % соответственно). У 58 % осмотренных выявлены триггерные точки мышц спины, у 10 % – боль при перкуссии остистых отростков, у 85 % – асимметрия ягодичной складки, у 33 % – ограничение ротации в шейном отделе позвоночника.

Несоответствие высоты поверхности сиденья над полом приводит к избыточному перерастяжению или сокращению мышц ног, необходимости частого переднезаднего перемещения таза по сиденью стула в попытках найти наиболее комфортное положение для ног. Повышенное давление края сиденья на мышцы задней группы бедра способствует дополнительному рецепторному раздражению с кожи, фасций и мышц, что диктует необходимость частой смены положения ног. Все эти факторы приводят к формированию предпосылок для появления и закрепления биомеханических дисфункций, таких как скрученный таз, нарушение осанки и др. Сформированные нефизиологичные привычные позы, при которых происходит скручивание нижних конечностей по оси, длительно несимметричное сокращение или растяжение определенных мышц могут усугублять диспластические нарушения, приводить к ухудшению трофических и нейротрофических процессов в тканях (костных, мышечных, фасциальных), что еще больше может способствовать появлению и сохранению нарушений биомеханики, которые с течением времени приведут к появлению болевого синдрома, формированию триггерных точек, нарушению осанки.

При использовании чрезмерно узкого сиденья стула вес тела неравномерно распределяется между седалищными буграми, и для удержания вертикального положения спины мышцы таза и туловища сокращаются неравномерно: более сокращенные мышцы быстрее утомляются, в результате чего появляется субъективное ощущение дискомфорта или боли в ягодицах, крестце, спине. С одной стороны, это приводит к снижению внимания учащегося, так как ЦНС вынуждена обрабатывать постоянную афферентацию с периферии, с другой стороны, способствует постоянному «двигательному беспокойству». При попытке выбрать оптимальную позу у учащегося происходит формирование асимметричного тонуса мышц спины и таза, что может способствовать нарушению осанки или усугублению сколиоза.

Таким образом, правильно подобранная глубина сиденья и высота спинки стула создают наиболее благоприятные условия для формирования оптимального и симметричного тонуса мышц поясничного и грудного отделов позвоночника, способствуют профилактике боли в спине и нарушению осанки. Кроме того, оптимальные параметры размера и форма стула способствуют минимальному кифози-

рованию поясничного отдела позвоночника в позе сидя, что уменьшает внутрибрюшное давление и застойные процессы в малом тазу.

Одним из факторов, провоцирующих развитие нарушений состояния ОДА, является жесткое покрытие стульев в учебных комнатах. Санитарные нормы, регламентирующие работу с ПЭВМ, учитывают необходимость полумягкого сиденья в компьютерных классах, в то время как для обычных комнат подобные гигиенические требования отсутствуют. Отрицательное воздействие на состояние ОДА обусловлено сдавлением ягодичных мышц между жестким сиденьем стула и седалищными буграми, что является причиной возникновения дискомфорта и боли в ягодицах и пояснице. В поисках комфорта учащиеся вынуждены часто менять положение тела, сидя на стуле, нередко прибегая к неэргономичным позам, что негативно сказывается как на физическом здоровье подростков, так и на их образовательном процессе. Поэтому использование дополнительной смягчающей подкладки под ягодицы или изменение конструктивных особенностей ученической мебели для профилактики болевых синдромов и биомеханических нарушений является оправданным. Учитывая анатомическую и конституционную вариативность в строении скелета (пространственная конфигурация таза и позвоночника), перспективным выглядит проведение дополнительных исследований для определения необходимости конструктивных изменений ученических стульев.

Выводы. С учетом вышеперечисленного, соблюдение эргономических норм является обязательным условием профилактики биомеханических нарушений, формирования правильной осанки, сохранения внимания и повышения качества образовательного процесса. В основе профилактики нарушений состояния ОДА первоочередным принципом должен являться учет индивидуальных антропометрических показателей учащихся. Учебная мебель должна позволять менять определенные параметры конфигурации под конкретного обучающегося. Немаловажным является просвещение самих учащихся по вопросам эргономичного положения тела. Контроль за сохранением правильного положения тела учащихся во время занятий должен осуществляться и со стороны педагогов во время образовательного процесса.

Для специфической профилактики нарушений состояния ОДА целесообразно внедрять физкультурные паузы при длительной статической работе, которые заключаются в разминке мышц конечностей и туловища в течение 2–3 мин для снятия статического утомления и оптимизации кровообращения в напряженных сегментах туловища. Такие паузы способствуют смене деятельности, что может приводить к повышению эффективности процесса обучения.

Список литературы

1. Антонова А.А., Яманова Г.А. Динамика состояния опорно-двигательного аппарата у детей и подростков // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 7 (97). – С. 53–56.

2. Батышева Т.Т., Жарков А.П., Калан Б.М. Использование индекса функционального состояния позвоночника для оценки эффективности лечения вертеброгенных дорсопатий у подростков методами остеопатии и кинезиотейпирования // Детская и подростковая реабилитация. – 2017. – № 1. – С. 40–44.

3. Комплексная оценка здоровья учащихся профессиональных образовательных организаций / Н.М. Яковлев, В.Н. Долич, В.В. Гудзь, Т.А. Яковлева, Н.Е. Комлева, И.В. Заикина, А.Н. Данилов // Санитарный врач. – 2019. – № 6. – С. 64–67.

4. Научные основы и технологии обеспечения гигиенической безопасности детей в «цифровой школе» / В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева, М.И. Степанова, П.И. Храмцов, И.Э. Александрова, С.Б. Соколова // Гигиена и санитария. – 2019. – № 12. – С. 1385–1391.

5. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/901865498 (дата обращения: 12.08.2020).

6. Характеристика эргономических факторов условий обучения с применением ПЭВМ учащихся учреждений среднего профессионального образования / Т.А. Новикова, В.В. Гудзь, К.С. Жиров, В.Н. Долич // Гигиена и санитария на страже здоровья человека: мат. науч.-практ. конф. мол. уч. и спец. – Саратов: Изд-во «Амирит», 2019. – С. 125–131.

Гигиеническая оценка учебной нагрузки в разных типах образовательных учреждений г. Череповца и ее влияние на состояние здоровья школьников

Г.С. Лебедева, А.В. Медведева, А.Н. Малышева, С.М. Смыслова

Территориальный отдел Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Вологодской области в г. Череповце, Череповецком, Шекснинском, Кадуйском, Устюженском, Чагодощенском, Бабаевском районах, г. Череповец, Россия

Каждому периоду в жизни ребенка в зависимости от степени морфофункциональной зрелости организма свойственен особый уровень ответных физиологических реакций на отдельные факторы внешней среды. В силу анатомо-физиологических особенностей организм становится наиболее уязвимым и незащищенным к воздействию различных факторов внешней среды именно в период обучения в средней (11–14 лет) и старшей школе (15–18 лет). Только рациональный режим дня, адекватная учебная нагрузка, занятия спортом создают условия для того, чтобы переходный период прошел без развития функциональных расстройств.

Ключевые слова: учебная нагрузка, здоровье детей, расписание занятий, образование, анализ расписания.

Органами и учреждениями образования г.Череповца осуществлена значительная работа по перестройке процесса обучения детей и подростков: учебный материал теперь излагается на более высоком уровне трудности, ускорился темп обучения, повысилась информативная емкость содержания учебных дисциплин,

внедрены технические средства обучения, применяются инновационные методы и формы обучения, изменена постановка трудового обучения и воспитания профессиональной ориентации обучающихся [1–5].

Реорганизация образования вылилась в формирование в общеобразовательных школах г.Череповца более 15 видов профильного обучения. Таким образом, современные школьники находятся под влиянием комплекса неблагоприятных факторов внешней среды, основным из которых является учебная нагрузка.

Проведена оценка организации учебно-воспитательного процесса в общеобразовательных учреждениях г. Череповца. Среди образовательных учреждений выбраны: МАОУ СОШ № 28 (кадетские классы), МАОУ «Центр образования № 12» (спортивные классы), МАОУ СОШ № 10 (медико-биологические классы). Оценка расписания проведена в 5-х, 8-х и 11-х классах разной профильной направленности за 2016–2017, 2017–2018 и 2018–2019 учебные годы. Организация учебного процесса исследована в соответствии с гигиеническими требованиями СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям организации обучения в общеобразовательных организациях».

Оценка расписания показала, что обучение во всех изучаемых профильных классах проводится в первую смену, учебные занятия начинаются не ранее 8.00 ч, продолжительность занятия составляет 45 мин, в условиях 6-дневной учебной недели (за исключением 5-х классов спортивной направленности и 8-х классов кадетской направленности).

Среднее значение общей недельной обязательной учебной нагрузки в каждом типе профильных классов не превышает максимальный уровень образовательных нагрузок для 5-х, 8-х и 11-х классов [6].

При анализе расписания уроков во всех изучаемых группах профилей установлено, что ежедневная учебная нагрузка в 5-х, 8-х, 11-х классах медико-биологического профиля МАОУ СОШ № 10 в 1,1 раза превышает нагрузку у школьников 5-х, 8-х, 11-х классов других профилей. При этом наибольшее количество баллов за день в 5-м классе медико-биологического профиля превышает в 1,5 раза среднее количество баллов в этих же классах МАОУ «Центр образования № 12» и МАОУ СОШ № 28 в понедельник, в 8-х классах – в 1,3 раза в понедельник и 2,2 раза в субботу, для 11-х классов – в 1,6 раза в понедельник и в 2,7 раза – в субботу. Интегральная оценка учебной нагрузки свидетельствует о значительных различиях в уровнях нагрузки у учащихся по разным профильным программам: у учащихся МАОУ СОШ № 10 имеется значительное превышение учебной нагрузки относительно других сравниваемых профилей, в течение учебной недели нагрузка распределяется неравномерно (максимум приходится на крайние дни недели), а также ежедневная учебная нагрузка выше, чем в остальных профилях.

Анализ патологической пораженности школьников (на основании медицинских карт) выявил особенности структуры хронической заболеваемости в каждом исследуемом профиле. В общей структуре заболеваемости первое ранговое место, по всем классам и профилям обучения во всех исследуемых параллелях занимают болезни органов дыхания. Согласно данным анализа углубленных профилактических осмотров, учащиеся МАОУ СОШ № 10 имеют более низкие показатели здоровья, чем учащиеся профильных классов МАОУ «Центр образования № 12» и МАОУ СОШ № 28. Во всех изучаемых школах имеется тенденция к ухудшению показателей здоровья от 5-х классов к 11-м.

Результаты нашего исследования показали, что существенное воздействие на здоровье школьников оказывает образовательный процесс. Интенсификация образования при несоблюдении гигиенических нормативов вызывает срыв адаптации, приводя к ухудшению состояния здоровья школьников и формированию хронических заболеваний различных органов и систем.

Нерациональное распределение учебной нагрузки в течение недели и дня, преобладание высоких по трудности предметов в процессе обучения, снижение двигательной активности, недостаточное пребывание на свежем воздухе наиболее характерно для медико-биологического профиля МАОУ СОШ № 10.

Чрезмерная физическая нагрузка, без учета возраста и функционального состояния детского организма, наиболее характерна для МАОУ «Центр образования № 12».

Отсутствие условий для адаптации детского организма к новым формам обучения в 5-х классах отмечается в спортивном и кадетском профиле.

Для совершенствования методики преподавания с целью сохранения и укрепления здоровья учащихся необходимо [7, 8]:

– оборудование учебных помещений во всех исследуемых профилях бактерицидными облучателями воздуха, строгое соблюдение санитарно-гигиенических требований к содержанию помещений;

– введение в медико-биологических классах динамических пауз со сменой рабочей позы и проведение зарядок для глаз в течение занятий, введение во внеурочную деятельность двигательной активности, проведение занятий на свежем воздухе;

– составление расписания учебных занятий в медико-биологических классах с учетом трудности предметов и рационального распределения недельной и дневной нагрузки с учетом физиологических биоритмов организма школьников;

– снижение физической нагрузки в спортивных и кадетских классах для обеспечения адаптации к новым формам обучения и улучшения состояния костно-мышечной системы;

– сохранение в старшем звене здоровьесберегающих технологий, применяемых в младшей школе, таких как: физкультминутки, динамические паузы, смена позы во время уроков, гимнастика для глаз и т.д.

Список литературы

1. Антропова М.В. Работоспособность учащихся и ее динамика в процессе учебной и трудовой деятельности. – М., 2008. – 232 с.

2. Баранов А.А., Сухарева Л.М. Особенности состояния здоровья современных школьников // Вопросы современной педиатрии. – 2006. – № 6. – С. 23–32.

3. Гигиена детей и подростков: учебник / В.Н. Кардашенко, Е.П. Стромская [и др.]; под ред. В.Н. Кардашенко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2008. – 512 с.

4. Гигиенические проблемы школьных инноваций / В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева, М.И. Степанова. – М.: Научный центр здоровья детей РАМН, 2009. – 240 с.

5. Работоспособность и здоровье учащихся при обучении в современной школе: сб. науч. тр. / под ред. Г.Н. Сердюковской, С.М. Громбаха. – М., 2014. – 150 с.

6. СанПиН 2.4.2.2821-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях / утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ № 189 от 29.12.2010, с изм., внесенными Постановлением Главного государственного санитарного врача

РФ № 8 от 22.05.2019, вступившими в силу 10.06.2019 [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/902256369 (дата обращения: 10.08.2020).

7. Степанова М.И., Сазанюк З.И., Воронова Б.З. Современные проблемы школьного обучения: пути гигиенической оптимизации // Вестник РАМН. – 2009. – № 5. – С. 34–37.

8. Усанова Е.П. Состояние здоровья школьников, новые формы организации медицинской помощи, профилактической и оздоровительной работы в школе: автореф. дис. д-ра мед. наук. – Н. Новгород, 2007. – 43 с.

Оценка функциональных резервов дыхательной и сердечно-сосудистой систем по значению индекса Скибинской у учащихся кадетского корпуса

А.Н. Болтачева, И.Е. Штина, А.А. Щербаков, Д.А. Эйсфельд

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

Функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной системы отражает адаптационные процессы организма. Выполнена оценка функциональных резервов учащихся кадетского корпуса по значению индекса Скибинской. Образовательный процесс кадетов характеризуется увеличенным объемом двигательной активности за счет внеурочной деятельности, включающей военную подготовку. В средних классах относительно первых классов увеличивается доля детей с отличными и хорошими показателями индекса. Среди младших кадетов доля детей с удовлетворительными результатами в 2,9 раза превышает долю учащихся средней общеобразовательной школы (СОШ) на фоне более редкого распространения неудовлетворительных и очень плохих результатов. У учащихся кадетского корпуса выявлена тенденция к более частому распространению хороших значений индекса Скибинской относительно их сверстников, посещающих СОШ. Полученные результаты свидетельствуют о лучшем состоянии функциональных резервов сердечно-сосудистой и дыхательной систем у учащихся кадетского корпуса.

Ключевые слова: кадеты, функциональные резервы, кардиореспираторная система, индекс Скибинской.

Сохранение физического и ментального здоровья учащихся в условиях интенсификации образовательного процесса является одной из наиболее актуальных задач здравоохранения в Российской Федерации. Современный образовательный процесс в общеобразовательных учреждениях характеризуется высокими объемами информационных нагрузок, сопровождаемыми дефицитом времени на отдых и не-

достатком двигательной активности, что оказывает отрицательное воздействие на развивающийся организм учащихся и способствует развитию напряжений адаптационных механизмов [2, 5]. Специфика учебно-воспитательного процесса в кадетской школе заключается в сочетании общеобразовательной и военно-прикладной программ, что сопровождается увеличением объема внеурочной деятельности и физических нагрузок [6]. Возрастание энерготрат сопровождается резким повышением потребности в энергии. Функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем выступает индикатором общего уровня соматического здоровья. Интенсивные умственная и физическая нагрузки при обучении в кадетском корпусе предъявляют более высокие требования к резервным возможностям системы кровообращения и дыхания. Функциональные резервы организма оценивают как показатель уровня здоровья, играющий центральную роль в процессах приспособления к изменяющимся условиям окружающей, в том числе и учебной среды [1, 3, 4].

Вышесказанное определяет актуальность и необходимость своевременной оценки функционального состояния организма методом расчета индекса Скибинской, отражающего функциональные резервы дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Цель исследования – оценить функциональные резервы дыхательной и сердечно-сосудистой систем по значению индекса Скибинской у учащихся кадетского корпуса.

Материалы и методы. Выполнена оценка образовательного процесса учащихся кадетского корпуса на примере расписания учащихся начальных классов на предмет соответствия требованиям СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях»[1]. Учащимся кадетского корпуса проведено дополнительное анкетирование с целью изучения режима и объема физической нагрузки.

Группу наблюдения 1 составил 61 учащийся первого класса Пермского кадетского корпуса (ПКК), группу наблюдения 2 – 92 мальчика, обучающихся в средних классах ПКК. В группу сравнения 1 включены 17 первоклассников средней общеобразовательной школы (СОШ), в группу сравнения 2 – 23 учащихся средних классов СОШ. Группы исследования были сопоставимы по возрастному и половому критериям ($p \geq 0{,}1$), 100 % обследованных составили лица мужского пола. Индекс Скибинской (ИС) рассчитывался по формуле: ИС = 0,01ЖЕЛ·ЗД/ЧСС, где ЧСС – частота сердечных сокращений (по пульсу), уд./мин, ЖЕЛ – жизненная емкость легких, мл; ЗД – время задержки дыхания после спокойного вдоха, с. Оценка индекса проводилась по стандартной методике: более 60 – отлично; 30–60 – хорошо; 10–29 – удовлетворительно; 5–9 – неудовлетворительно; менее 5 – очень плохо [1].

Медико-биологические исследования проводились с соблюдением этических принципов.

Статистическая обработка полученного материала выполнена с помощью стандартных методов статистики, различия считали статистически значимыми при $p \leq 0{,}05$.

[1] СанПиН 2.4.2.2821-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/9022563 (дата обращения: 17.07.2020).

Результаты. Образовательный процесс учащихся кадетского корпуса организован по типу школы полного дня (режим полупансиона), учащиеся кадетской школы находятся в образовательной организации с 8.00 до 17.00. Анализ организации образовательного процесса установил несоответствия гигиеническим требованиям СанПиН 2.4.2.2821-10: составление расписания уроков без учета недельной умственной работоспособности обучающихся и шкалы трудности учебных предметов, отсутствие чередования различных по сложности предметов в течение дня и недели, распределение обязательных предметов без учета дневной динамики работоспособности обучающихся, недостаточный перерыв между факультативными занятиями и последним обязательным уроком, а также увеличение двигательной активности. При оценке расписания учащихся четвертых классов выявлено сочетание обязательных предметов и занятий по внеурочной деятельности, что противоречит санитарному законодательству. Недельный объем нагрузки факультативных предметов, осуществляемой через часть учебного плана, формируемой самими участниками образовательного процесса, не превышает максимально допустимых 10 ч. При этом занятия по внеурочной деятельности проводятся ежедневно, а не в дни наименьшего количества обязательных уроков, что нарушает требование X раздела СанПиН 2.4.2.2821-10. Обращает на себя внимание, что базовая модель организации внеурочной деятельности в условиях реализации кадетского образования подразумевает внутришкольную систему дополнительного образования, включающую военно-прикладную и строевую подготовку, военно-полевые сборы и смотры, что в результате приводит к суммарному увеличению объема физической и двигательной нагрузок. Анализ результатов анкетирования установил, что каждый третий учащийся начальных классов кадетской школы ежедневно посещает учреждения дополнительного образования спортивного профиля, с продолжительностью занятий до 1,5 ч.

Сравнительная оценка среднего значения ИС у учащихся первых классов показала, что у учащихся ПКК относительно учащихся СОШ значение индекса было в 1,4 раза выше (8,6 ± 0,9 против 6,3 ± 1,4 усл. ед., $p = 0{,}006$).

Сопоставление распространенности различных результатов значения ИС группы наблюдения 1 относительно группы сравнения 1 установило, что удовлетворительный результат регистрировался в 3,0 раза чаще (34,4 против 11,8 %, $p = 0{,}05$), неудовлетворительный и очень плохой в 1,3–1,4 раза реже (47,5 против 64,7 %; 18,1 и 23,5 % соответственно, $p \geq 0{,}05$) (табл. 1).

Таблица 1

Результаты интерпретации индекса Скибинской у учащихся первых классов, %

Заключение	Группа наблюдения 1	Группа сравнения 1	*p*
Удовлетворительно	34,4	11,8	0,05
Неудовлетворительно	47,5	64,7	0,10
Очень плохо	18,1	23,5	0,23

Средние значения ИС у детей группы наблюдения 2 и группы сравнения 2 соответствовали удовлетворительному состоянию резервов дыхательной и сердечно-сосудистой системы, среднегрупповое значение ИС в группе наблюдения 2

в 1,4 раза превышало значение группы сравнения 2 (28,9 ± 2,6 против 20,9 ± 3,1; $p = 0,001$).

Сравнительный анализ данных ИС в средних классах показал, что в группе наблюдения 2 относительно группы сравнения 2 доля детей с хорошими результатами была в 2,3 раза больше (30,4 и 13,0 %; $p = 0,09$), а отличные значения ИС были зарегистрированы только в группе наблюдения 2 (4,4 против 0 % – в группе сравнения 2), неудовлетворительные значения регистрировались только у учащихся СОШ (4,4 %) (табл. 2).

Таблица 2

Результаты интерпретации индекса Скибинской у учащихся средних классов, %

Заключение	Группа наблюдения 2	Группа сравнения 2	*p*
Очень хорошо	4,4	0	0,3
Хорошо	30,4	13	0,09
Удовлетворительно	65,2	82,6	0,1
Неудовлетворительно	0	4,4	0,05
Очень плохо	0	0	–

Выводы. Независимо от типа образовательного учреждения, с возрастом увеличивается средний показатель ИС и количество детей с хорошими и очень хорошими значениями индекса. Однако среди учащихся первых классов кадетского корпуса доля детей с удовлетворительными результатами ИС в 2,9 раза превышает долю учащихся средней общеобразовательной школы с аналогичными значениями на фоне более редкого распространения неудовлетворительных и очень плохих результатов. У учащихся кадетского корпуса выявлена тенденция к более частому распространению хороших значений ИС относительно СОШ.

Полученные результаты свидетельствуют о более высоких функциональных возможностях сердечно-сосудистой и дыхательной систем у учащихся кадетского корпуса.

Список литературы

1. Дымова И.А., Кароян А.А. Медико-социальные проблемы здоровья школьников по результатам анкетирования // Пермский медицинский журнал. – 2019. – Т. 36, № 5. – С. 83–87.

2. Гигиеническая оценка напряженности и интенсивности образовательного процесса школ с разными профилями обучения / М.Т. Зенина, И.Е. Штина, С.Л. Валина, Н.А. Лебедева-Несевря // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2018. – С. 344–348.

3. Кучма В.Р., Ткачук Е.А., Тармаева И.Ю. Психофизиологическое состояние детей в условиях информатизации их жизнедеятельности и интенсификации образования // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 12. – С. 1183–1188.

4. Пашин А.А. Мониторинг физического развития, физической и функциональной подготовленности учащейся молодежи: учеб. пособие. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2015. – 142 с.

5. Соболева Н.П., Гогаев Т.П. Влияние физической активности на здоровье детей и молодежи // Физическая культура и спорт в современном мире: социальная роль и пропаганда здорового образа жизни: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Грозный, 2015. – С. 265–269.

6. Современное кадетское образование в России: состояние нормативно-правового регулирования [Электронный ресурс] // Федеральный центр образовательного законодательства. – URL: http://www.lexed.ru/obrazovatelnoe-pravo/analitika/detail.php? ELEMENT_ID=5495 (дата обращения: 17.07.2020).

Полиморфизм гена *CPOX* (rs1131857) у детского населения территорий Сибири (на примере Красноярского края и Республики Бурятия)

А.А. Мазунина, О.В. Долгих, М.А. Гусельников, А.С. Ширинкина

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

Проведено сравнительное генетическое обследование детского населения промышленных территорий юга Сибири. Изучен полиморфизм A/C гена *CPOX* (rs1131857). Установлена избыточная частотность аллеля С у детей в условиях избыточной аэрогенной экспозиции аэрозолями металлов-мутагенов, что с одновременно повышенной экспрессией фетальных белков может обусловливать в будущем возникновение онкологических состояний у генетически скомпрометированного детского населения промышленной территории юга Сибири.

Ключевые слова: генетический полиморфизм, детское население, ген детоксикации *CPOX* (rs1131857), онкомаркеры.

Большинство заболеваний имеет мультифакторную природу, т.е. в их формирование вовлечены многочисленные генетические системы и средовые факторы. Полиморфные варианты генов могут приводить к изменению уровня экспрессии или структуры белковых продуктов. Эти эффекты могут быть модифицированы специфическими средовыми воздействиями, что и формирует клиническую вариабельность патологических состояний [1].

Цель исследования – изучить особенности генетического статуса детей, проживающих на промышленно развитых территориях юга Сибири в условиях избыточной аэрогенной экспозиции аэрозолями металлов-мутагенов.

Материалы и методы. Исследование проводилось в промышленных территориях Сибири. Группа 1 – 90 детей в возрасте 5–8 лет, проживающих в Красноярском крае. Группа 2 – 170 детей в возрасте 7–16 лет, проживающих в Республ-

лике Бурятия. Группы сопоставимы по этническому, гендерному и возрастному составу, социальному статусу, но были различными по особенностям аэрогенной экспозиции (наличие и отсутствие избыточной нагрузки аэрозолями металлов-мутагенов).

У всех обследуемых проводился забор венозной крови. Геномную ДНК выделяли сорбентным методом. Генотипирование по гену копропорфириногеноксидазы *CPOX* (rs1131857) проводилось методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени путем дискриминации аллелей с помощью TaqMan-зондов на амплификаторе CFX96 (Bio-Rad) с использованием олигонуклеотидных праймеров и зондов, синтезированных компанией «Синтол» (Москва). Определение онкомаркеров СА-19-9 и карциноэмбрионального антигена (КЭА) проводилось методом иммуноферментного анализа.

Расчет распределения частот генотипов в группах осуществлялся с помощью онлайн-программы Equilibrium Hardy-Weinberg ($p > 0,05$). Для оценки ассоциаций аллелей с риском развития различных заболеваний использовали p-уровень значимости ($p < 0,05$), рассчитанный в программе Microsoft Excel.

Статистическую обработку полученных результатов и оценку распределения показателей проводили с помощью программы Statistica 6.0. Различия считались значимыми, если соответствующие p значения были меньше, чем 0,05. Учитывали средние значения (M) и ошибку среднего значения (m) и представляли в виде $M \pm m$.

Результаты. Результаты генотипирования позволили установить, что данные групп детского населения юга Сибири (Красноярского края и Республики Бурятия) находятся в равновесии по критерию Харди – Вайнберга ($p > 0,05$), в таком случае исследуемые генетические различия у населения двух регионов могут быть проанализированы с применением мультипликативной модели наследования.

По результатам анализа гена копропорфириногеноксидазы *CPOX* (rs1131857) у детского населения отмечается значимое ($p < 0,05$) различие аллелей *A* и *C*. Частота встречаемости минорного аллеля С у детей группы наблюдения 1 из Красноярского края составляет 21,1 %, что в 1,56 раза выше, чем у детей Республики Бурятия (табл. 1).

Таблица 1

Результаты сравнительного исследования полиморфизма гена *CPOX* детского населения промышленных территорий юга Сибири

Ген	Аллель	Частота встречаемости, %		p
		Группа 1, $n = 90$	Группа 2, $n = 170$	
CPOX (rs1131857)	*A*	78,9	86,5	0,03
	C	21,1	13,5	

В результате иммуноферментного анализа крови на содержание фетальных белков (онкомаркеров) было выявлено, что уровни СА-19-9 и КЭА находятся в пределах референтных значений, но при сравнении между группами наблюдается значимое различие ($p < 0,05$). Показатели СА-19-9 в группе 1 выше в 2,16 раза, КЭА выше в 1,82 раза относительно группы 2 (табл. 2).

Таблица 2

Результаты сравнительного иммуноферментного анализа крови детского населения промышленных территорий юга Сибири

Показатель	Референтный интервал	Группа 1, $n = 90$	Группа 2, $n = 170$	p
СА-19-9, ед/мл	0–35,0	11,66 ± 2,44	5,40 ± 1,25	0,00
КЭА, нг/ см^3	0–2,9	1,20 ± 0,39	0,66 ± 0,17	0,02

Потенциал экспрессии гена *CPOX* связан с процессами детоксикации 2-й фазы. Проведенный сравнительный анализ частотности полиморфных изменений гена *CPOX* (rs1131857) выявил значимо повышенный его уровень у детского населения Красноярского края (группа 1) за счет гетерозиготного и вариантного гомозиготного генотипов, что формирует опасность возникновения интоксикаций. При нарушении синтеза металлопорфиринов, обусловленных дефектом гена *CPOX*, происходит накопление неактивных форм металлоорганических соединений в печени, селезенке, коже и вызывает развитие симптомов интоксикации – гипербилирубинемию, гемолитическую анемию, неврологические нарушения, злокачественные опухоли головного мозга [3]. Японские ученые выявили, что ген *CPOX* (rs1131857) был идентифицирован как вариант-кандидат для неалкогольной жировой болезни печени [2].

Выводы. Установлены значимые различия встречаемости аллелей А и С гена детоксикации *CPOX* (rs1131857) при сравнительной оценке детского населения двух территорий Сибири. На основании полученных результатов генотипирования и лабораторного анализа на содержание онкомаркеров можно сделать вывод, что полиморфизм кандидатного гена копропорфириногеноксидазы *CPOX* (rs1131857) у детского населения промышленной территории юга Сибири, особенностью которой является избыточность аэрогенной экспозиции металлами-мутагенами, формирует опасность возникновения интоксикаций, нарушения обмена веществ, а также онкологических состояний в сравнении с детским населением, не подвергающемся избыточной аэрогенной нагрузке аэрозолями металлов-мутагенов.

Список литературы

1. Изменчивость полиморфных вариантов генов-кандидатов заболеваний сердечно-сосудистой системы у представителей четырех этнических групп Сибирского региона / А.Н. Кучер, Н.П. Бабушкина, В.В. Маркова, О.Г. Половкова, Т.В. Жейкова, А.Р. Ан, М.С. Назаренко, О.Ю. Боткина, Е.Ю. Брагина, М.В. Голубенко, Е.Р. Еремина, В.П. Пузырев // Медицинская генетика. – 2010. – Т. 9, № 5 (95). – С. 24–34.

2. Polymorphism of receptor-type tyrosine-protein phosphatase delta gene in the development of non-alcoholic fatty liver disease / S. Nakajima, H. Tanaka, K. Sawada [et al.] // Journal of Gastroenterology and Hepatology. – 2018. – Vol. 33 (1). – P. 283–290.

3. Enhanced expression of coproporphyrinogen oxidase in malignant brain tumors: CPOX expression and 5-ALA–induced fluorescence / K. Takahashi [et al.] // Neuro Oncology. – 2011. – Vol. 13 (11). – P. 1234–1243.

Использование клеточных маркеров апоптоза для оценки влияния условий Крайнего Севера на здоровье детей

И.Н. Аликина, О.В. Долгих

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

Проведена оценка нарушения иммунологического здоровья детского населения в условиях комбинированного влияния климатогеографических и химических средовых факторов. У детей группы наблюдения установлена избыточная экспрессия рецептора TNFR, белков p53 и bax, аннексина V негативных и позитивных клеток с дефицитом внутриклеточного белкового фактора bcl2 по отношению к группе сравнения ($p < 0,05$). Наблюдается достоверно повышенный уровень показателей специфической сенсибилизации по критерию IgE к никелю, IgG к бензапирену, фенолу, меди относительно показателей группы сравнения ($p < 0,05$). Таким образом, избыточное комбинированное воздействие климатических и экзогенных химических факторов, влияющих на организм детского населения, приводит к дисбалансу иммунного статуса, который выражается как гиперэкспрессией показателей клеточной гибели (мембранных, внутриклеточных), так и специфической гаптенной сенсибилизацией.

Ключевые слова: клеточные маркеры, апоптоз, дети, Крайний Север, гаптены, климатогеографические факторы.

Наиболее значимым и чувствительным критерием взаимосвязи и взаимодействия человека с окружающей средой является состояние здоровья человека. Реакция организма человека на ухудшение или улучшение состояния окружающей среды проявляется в изменении его морфофизиологических функций [2, 4]. Здоровье человека как эндогенная экологическая среда и здоровье биосферы как экзогенная экологическая среда очень тесно взаимосвязаны. Взаимодействие, взаимозависимость и гармония факторов внешней среды и факторов, составляющих здоровье человека, обеспечивают гомеостаз, стабилизацию адаптивных регуляторных систем и сохранение здоровья. Дисфункция любого из компонентов приводит к дисбалансу во всей живой системе. А если рассматривать здоровье как показатель равновесия с окружающей средой, то любое стойкое нарушение гомеостаза – болезнь – свидетельствует о нарушении стабильности в экосистеме, одним из компонентов которой является человек [1, 3].

Особый интерес представляет изучение иммунной системы у людей, постоянно проживающих в непосредственной близости от источников выбросов промышленных отходов.

Апоптоз – генетически запрограммированная форма клеточной гибели, определяемая на основе характерных морфологических изменений умирающих клеток. Этот процесс является одним из ключевых процессов, определяющий формирование антигенспецифического компонента иммунной системы и, в значительной степени, реализацию ее эффекторных функций. Однако известны патологические состояния, при которых блокируется механизм запрограммированной гибели клеток,

что приводит к неконтролируемой клеточной пролиферации, не сдерживаемой конкурирующим процессом апоптоза [5].

Влияние неблагоприятных факторов окружающей среды на функционирование организма ребенка особенно выражено. Он обладает особенно высокой чувствительностью, обусловленной наличием критических периодов развития, высокой уязвимостью иммунной системы, а также наследственной предрасположенности к неадекватным реакциям на внешние воздействия [3, 6]. Следовательно, детский организм можно рассматривать как один из индикаторов состояния окружающей среды.

Цель исследования – оценка особенностей иммунологического здоровья детского населения в условиях комбинированного влияния негативных воздействий экзогенных химических и климатографических факторов.

Материалы и методы. Основную группу составили дети (n = 64) в возрасте от 6 до 14 лет, постоянно проживающие и посещающие детские образовательные учреждения в зоне влияния неблагоприятных факторов окружающей среды на здоровье населения (группа наблюдения, Иркутская область). В то же время группу контроля составили дети (n = 25), проживающие и посещающие детские образовательные учреждения на территории Красноярского края, отличной от контрольной группы по уровню воздействия изучаемых химических факторов воздействия и климатогеографических факторов (экспозиция отсутствует или значительно ниже).

Группа наблюдения и контрольная группа были сопоставимы по полу и возрасту.

Объектом исследования являлась биосреда (кровь).

Для определения уровня экспрессии рецептора к фактору некроза опухоли-α 1-го типа (ФНОα, TNFRI – tumor necrosis factor receptor I), белков bcl-2, bax (Becton Dickinson, USA), внутриклеточного маркера апоптоза – p53-протеина (Becton Dickinson, USA) использовали цитофлюориметрический метод, основанный на взаимодействии соответствующих моноклональных антител (МКАТ) с мембранным рецептором на лимфоцитах. Клетки отмывали фосфатно-солевым буфером (PBS) и окрашивали стандартными МКАТ согласно протоколу фирмы-производителя. Содержание лимфоцитов анализировали с помощью проточного цитофлюориметра FACSCalibur с использованием универсальной программы CellQuestPro.

Уровень апоптоза лимфоцитов определяли с помощью окрашивания аннексин V-FITC (Annexin V-FITC, FITC (Fluorescein Isothiocyanate)) и пропидиумом йодида (PI (Propidium Iodide)). Annexin V, конъюгированный с флуорохромам FITC, сохраняет высокую аффинность к фосфолипиду фосфатидилсерин (PS) и таким образом, используется как чувствительная метка для анализа апоптотических клеток. Поскольку транслокация PS наблюдается на ранней стадии апоптоза, окрашивание клеток с помощью Annexin V-FITC позволяет выявить более раннюю стадию апоптоза. Для определения количества апоптотических клеток использовали суспензию мононуклеарных клеток переферической крови, выделенных центрифугированием в градиенте плотности фиколл-верографина. Анализ результатов проводили на проточном цитометре, при этом регистрировали не менее 10 тыс. событий, положиельные события отражали относительное содержание нежизнеспособных клеток в анализируемом образце.

Содержание специфических к поллютантам (бензапирену, фенолу, меди) иммуноглобулинов класса G и к никелю (IgE) определяли с помощью аллергосорбентного тестирования с ферментной меткой. Идентификация специфических реагинов проводилась с помощью антител, конъюгированных с пероксидазой.

Статистический анализ проведен с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office и дополнительной программы Statistica 6.0 (StatSoft, USA). Статистический анализ данных проводился методами описательной статистики и сравнения выборок (с использованием *t*-критерия Стьюдента). 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 $p < 0,05$.

Результаты. Клинико-лабораторные исследования состояния здоровья детей в исследуемых группах свидетельствуют о наличии ранних нарушений со стороны иммунной системы.

Имеются достоверные отклонения показателей иммунитета по сравнению с референтным уровнем: повышено содержание транскрипционного фактора-белка p53 у 89,9 % детей основной группы, уровня рецептора гистосовместимости TNFR у 72,0 % детей ($p < 0,05$). Активированы проапоптотические факторы – Annexin V-негативные клетки – у 55,8 % детей, Annexin V-позитивные клетки – у 87,2 % детей, bax – у 67,9 % детей ($p < 0,05$). Отмечается также экспрессия аналогичных показателей контрольной группы, за исключением белка bax (в норме) и Annexin V-негативных клеток, Annexin V-позитивных клеток (ниже референтного уровня) с достижением уровня достоверности (таблица).

Результаты сравнительного анализа показателей клеточного иммунитета

Показатель	Референтный интервал	Группа наблюдения, $M \pm m$	Группа сравнения, $M \pm m$
TNF, %	1,00–1,50	$5,471 \pm 0,715^{*/**}$	$4,118 \pm 0,384$
p53, %	1,20–1,80	$8,021 \pm 0,883^{*/**}$	$4,808 \pm 0,425$
Bax, %	5,00–9,00	$3,926 \pm 1,639^{*/**}$	$7,561 \pm 0,639$
bcl-2, %	1,00–1,50	$17,140 \pm 0,834^{*/**}$	$6,312 \pm 0,998$
Annexin V-FITC+7AAD негат. клетки, %	1,00–2,50	$3,555 \pm 0,241^{*/**}$	$0,828 \pm 0,128$
Annexin V-FITC+7AAD позит. клетки, %	7,00–11,00	$7,730 \pm 1,237^{**}$	$1,514 \pm 0,399$

Примечание:
* – разница достоверна относительно референтного интервала ($p < 0,05$);
** – разница достоверна относительно группы сравнения ($p < 0,05$).

В крови детей группы наблюдения отмечено достоверное увеличение содержания рецептора к фактору некроза опухоли (TNFR) в 1,3 раза, белка-супрессора p53 – в 1,6 раза, а также белка, участвующего в регуляции апоптоза, – bax – в 2,7 раза, при этом отмечается угнетение внутриклеточного белкового фактора bcl2 почти в два раза по отношению к группе контроля (см. таблицу).

Также отмечается повышение по отношению к контролю уровня аннексина V-отрицательных клеток в 4,3 раза, аннексина V-положительных клеток –

в 5,1 раза, что свидетельствует о преимущественной гибели клеток по пути апоптоза ($p < 0,05$) (таблица).

Установлен достоверно повышенный по сравнению с возрастной нормой уровень показателей специфической сенсибилизации по критерию IgE к никелю (67 % обследованных), а также по критерию IgG к бензапирену, фенолу и меди (20; 63 и 66 % обследованных соответственно). Аналогичная тенденция прослеживается относительно показателей группы сравнения – достоверное повышение IgE к никелю (в 1,3 раза), IgG к бензапирену (в 2,2 раза), фенолу (в 2,4 раза), меди (в 2,2 раза) ($p < 0,05$).

У детского населения группы наблюдения выявлены изменения, характеризующие чрезмерную активацию компонентов клеточного иммунитета, отвечающих за его саморазрушение (апоптоз). Нарушения в регуляции апоптоза приводят к вирусным (бактериальным) заболеваниям, серьезным патологиям, таким как неконтролируемые клеточные деления или дегенерация тканей. Причиной запуска механизма избыточной запрограммированной клеточной гибели могут быть изменения, вызванные комбинированным воздействием климатических и экзогенных химических неблагоприятных факторов.

Выводы. Для исследуемого детского контингента, проживающего на территории воздействия экстремальных климатогеографических факторов Крайнего Севера, аддитивность эффекта экзогенной гаптенной экспозиции приводит к дисбалансу иммунного статуса, который выражается гиперэкспрессией показателей клеточной гибели: повышение уровня транскрипционных факторов онкосупрессии bax и p53; факторов, отвечающих за реализацию апоптоза – TNFR, AnnexinV, с дефицитом антиапоптотического внутриклеточного протеина bcl2, а также избыточной специфической гаптенной сенсибилизацией.

Список литературы

1. Абдуллин А.Г. Последствия неблагоприятных экологических факторов на здоровье населения Урала. Жизнь и безопасность // Экология. – 2005. – № 1–2. – С. 250–255.

2. Бабушкина Н.П., Черепанова М.В. Влияние экологических факторов на развитие детского организма. – Владивосток: ВГЭУ, 2004. – 184 с.

3. Беляков В.А., Васильев А.В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на физическое развитие детей // Гигиена и санитария. – 2003. – № 4. – С. 31–33.

4. Казначеев В.П. Экология человека: проблемы и перспективы. Экология человека. Основные проблемы. – М.: Наука, 1988. – С. 9–32.

5. Apoptosis: molecular regulation of cell death / A.J. Hale, C.A. Smith, L.C. Sutherland, V.E. Stoneman, V. Longthorne, A.C. Culhane, G.T. Williams // Eur. J. Biochem.– 1996. – Vol. 236. – P. 1–26. DOI.org/10.1111/j.1432-1033.1996.00001.x

6. Chen T.J. The protective effect of rho-associated kinase inhibitor on aluminum-induced neurotoxicity in rat cortical neurons // Toxicological Sciences. – 2010. – Vol. 116 (1). – P. 264–272. DOI.org/10.1093/toxsci/kfq114

Актуальные вопросы организации питания учащихся кадетского корпуса

И.Е. Штина, С.Л. Валина, О.Ю. Устинова, О.А. Маклакова, Д.А. Эйсфельд

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

При организации питания учащихся должны учитываться не только физиологические потребности растущего организма, но и энергетические затраты, связанные с увеличением интеллектуальных, эмоциональных и физических нагрузок. Проведена оценка организации учебно-воспитательного процесса младших кадетов на соответствие требованиям СанПиН 2.4.2.2821-10. Проанализировано выполнение требований СанПиН 2.4.5.2409-08 при формировании примерного меню. Установлено увеличение максимального недельного объема нагрузки внеурочной деятельности и двигательной активности. В школьном рационе выявлено превышение относительно усредненной потребности в пищевых веществах теоретического среднесуточного содержания пищевых веществ на 32 %, квоты углеводов и фактического калоража обеда – на 43 %. Результаты весового и лабораторного методов оценки фактического потребления основных пищевых веществ и энергии при трехкратном питании были ниже данных меню-раскладок до 1,6 раза и усредненной потребности в пищевых веществах – до 1,7 раза.

Ключевые слова: учащиеся кадетского корпуса, образовательный процесс, организация питания, внеурочная деятельность, двигательная активность.

Исследователи, изучающие питание организованных групп детей, все больше внимания уделяют вопросу организации питания с учетом особенностей воспитательно-образовательного процесса. Известно, что рациональное питание учащихся может способствовать снижению рисков здоровью, обусловленных факторами образовательной среды [3, 5, 8].

Результаты ранее проведенных работ по оценке учебного процесса в общеобразовательных организациях свидетельствуют о том, что фактическая организация учебного процесса в большинстве случаев не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям [2, 4].

Учебно-воспитательный процесс учащихся кадетских корпусов характеризуется совмещением общеобразовательной и военно-прикладной программ, что приводит к увеличению суммарного объема образовательной и физической нагрузки [5, 6, 10].

Сбалансированность по всем основным нутриентам, соответствие энергетической ценности пищевых рационов фактическим величинам энергетических затрат являются одними из основных принципов, на которых базируется организация питания обучающихся [7, 10, 11].

Цель исследования – проанализировать организацию питания учащихся начальных классов кадетского корпуса.

Материалы и методы. Анализ организации образовательного процесса учащихся начальных классов кадетского корпуса проведен с позиции соответствия требованиям СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования

к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях»[1]. С целью изучения режима и объема физической нагрузки учащихся выполнено анкетирование с последующей оценкой результатов.

Оценка организации школьного питания проведена в соответствии с требованиями СанПиНа 2.4.5.240908 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования»[2], с анализом химического состава (белки, жиры, углеводы, витамины B_1, B_2, C, A, минералы Ca, P, Mg, Fe). Объем фактически полученного питания учащимися начальных классов кадетского корпуса изучался индивидуальным весовым методом в течение одного учебного дня по 10 измерениям с определением среднего веса порций. По факту окончания приема пищи осуществлялось взвешивание остатков индивидуальных порций, расчет и регистрация уровня потребления в среднем. Рассчитана нутриентная (белки, жиры, углеводы, витамины B_1, B_2, C и A, минералы Ca, P, Mg и Fe) и энергетическая ценность потребленного рациона во время завтрака, обеда и полдника в кадетской школе относительно НФП [9]. В этот же день проведено лабораторное исследование калорийности и химического состава 21 пробы готовых блюд и кулинарных изделий (завтрак, обед и полдник). Отбор проб для лабораторных исследований на санитарно-химические исследования выполнен в соответствии с ГОСТ Р 54607.1–2011 «Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 1. Отбор проб и подготовка к физико-химическим испытаниям»[3]. Исследования отобранных проб проведены в соответствии с МУ 4237–86 «Методические указания по гигиеническому контролю за питанием в организованных коллективах»[4] на поверенном оборудовании.

Математическая и статистическая обработка материала проведена с применением стандартных и специальных программных продуктов с приложениями MS-Office. Для оценки достоверности различий использовали *t*-критерий Стьюдента ($t > 2$). Различия полученных результатов являлись статистически значимыми при $p \leq 0{,}05$ [1].

Результаты. Анализ образовательной деятельности младших кадетов показал соответствие требованиям СанПиН 2.4.2.2821-10 по следующим критериям: учебные

[1] СанПиН 2.4.2.2821-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/902256369 (дата обращения: 17.07.2020).

[2] СанПиН 2.4.5.2409-08. Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/902113767 (дата обращения: 17.07.2020).

[3] ГОСТ Р 54607.1-2011. Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 1. Отбор проб и подготовка к физико-химическим испытаниям [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200094462 (дата обращения: 17.07.2020).

[4] МУ 4287-86. Методические указания по гигиеническому контролю за питанием в организованных коллективах [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200091559 (дата обращения: 17.07.2020).

занятия проводятся в первую смену и начинаются в 8.15–8.30; продолжительность урока не превышает 45 мин; длительность малых перемен и большой перемены; объем дневной учебной нагрузки в первых классах не превышает 4 уроков и один день в неделю достигает 5 уроков за счет допущенного урока физической культуры.

В то же время установлено, что перерыв между началом факультативных занятий и последним уроком составляет 20–30 минут при регламентируемых 45 мин, что противоречит требованию п. 10.6. СанПиН 2.4.2.2821-10. Проведение наиболее трудных предметов на втором уроке организовано только один день в неделю (пятница), что не удовлетворяет п. 10.8. СанПиН 2.4.2.2821-10. Отсутствует чередование основных предметов с уроками музыки, изобразительного искусства, технологии и физической культуры. Согласно п. 10.20. СанПиН 2.4.2.2821-10 с целью удовлетворения биологической потребности в движении в объеме максимально допустимой недельной нагрузки проводилось три урока физической культуры в неделю.

Выявлено, что наибольший объем учебной нагрузки, рассчитанной по шкале трудности предметов, у учащихся первых классов приходился на понедельник (24 балла), облегченными днями являлись вторник и среда (21 балл), что не соответствует гигиеническим требованиям п.п. 10.7 и 10.11 СанПиН 2.4.2.2821-10. Не всегда выполнялось требование проведения занятий физической культурой в числе последних уроков и отсутствие уроков с письменными заданиями после занятий физической культурой.

При оценке расписания учащихся четвертых классов кадетского корпуса выявлено сочетание обязательных предметов и занятий по внеурочной деятельности, что противоречит санитарному законодательству.

Образовательный процесс учащихся кадетского корпуса организован по типу школы полного дня (с 8.00 до 17.00) с сочетанием обязательной и внеурочной учебной деятельности. Недельный объем нагрузки факультативных предметов не превышает максимально допустимых 10 ч (п. 10.5). В то же время занятия по внеурочной деятельности проводятся ежедневно, а не в дни наименьшего количества обязательных уроков, что нарушает требование п. 10.6 действующих санитарных норм. В условиях реализации кадетского образования внеурочная деятельность включает военно-прикладную и строевую подготовку, смотры-парады, смотры-конкурсы, военно-полевые сборы, что в результате приводит к увеличению объема физических нагрузок. В ходе проведенного анкетирования установлено, что 30 % младших кадетов ежедневно посещает учреждения дополнительного образования спортивного профиля, продолжительностью занятий до 1,5 ч. Что также увеличивает суммарный объем физических нагрузок.

Питание кадетов организовано в столовой, являющейся структурным подразделением кадетского корпуса, за счет средств местного бюджета. Общий охват учащихся основным (горячим) питанием составил 100 %. Для всех обучающихся организовано трехразовое горячее питание (завтрак, обед, полдник) на переменах продолжительностью 20 и 30 мин согласно гигиеническим нормативам п. 7.2. СанПиН 2.4.5.2409-08. Завтрак учащихся начальной школы проводился до начала обязательных занятий, обед – после четвертого урока; полдник – после обязательных занятий в одну перемену.

Для обеспечения обучающихся здоровым питанием в соответствии с п.п. 6.4. и 6.6. СанПиН 2.4.5.2409-08 примерное меню составляется на 10 дней с учетом сезонности и возраста обучающихся, меню содержит информацию о количественном

составе блюд, энергетической и пищевой ценности, включая содержание в каждом витаминов и минеральных веществ. Однако установлено, что фактический рацион питания на момент проведения мероприятий по контролю в рамках научно-исследовательской работы не соответствовал утвержденному примерному меню, что нарушает требование п. 6.22. СанПиН 2.4.5.2409-08.

При анализе ежедневных меню, утвержденных директором образовательной организации, установлено удовлетворение требований п.п. 6.18. и 6.19. СанПиН 2.4.5.2409-08. Завтрак состоял из горячего блюда (каша, творожное, овощное, яичное блюдо, мясо, молочный суп), горячего напитка и закуски (сыр, салат, колбасные изделия, яйцо вареное); обед включал закуску (салат из овощей, консервированные и свежие порционные овощи, сельдь), первое (суп), второе (основное горячее блюдо из мяса, рыбы или птицы) и сладкий напиток; полдник содержал булочное или кондитерское изделие, напиток и дополнительно – творожное блюдо или фрукт. В примерном меню отсутствовало повторение блюд или кулинарных изделий в течение одного дня или в последующие 2–3 дня. Оценка объема порций показала, что масса фруктов во время полдника по данным меню-раскладок периодически превышала рекомендуемое количество до 2,2 раза.

Анализ средних значений нутриентов по представленным меню-раскладкам за 10 дней показал, что школьные рационы при трехразовом питании могут удовлетворить суточную потребность младших кадетов в белках на 90 %, жирах – на 98 %, углеводах – 85 %, энергии – на 90 %, витамине B_1 – на 67 %, B_2 – на 84 %, витамине С – на 269 %, витамине А – на 47 %, кальции – на 74 %, фосфоре – на 61 %, магнии – на 95 %, железе – на 101 %, при регламентируемых 65–70 %. Теоретическое среднее соотношение белков, жиров и углеводов составило 1:1,1:4,4, что превышало рекомендуемый уровень в суточном рационе питания по углеводам. Установлено, что в кадетском корпусе в различные приемы пищи для изучаемой возрастной группы среднесуточное поступление пищевых веществ со школьным рационом по меню-раскладкам превышало на 31,7 % усредненную потребность в пищевых веществах и энергии.

Оценка на раздаче выдаваемых готовых блюд и изделий показала уменьшение объема порций в среднем по массе каши (–14 %), супа (–5 %), фрукта (–33 %), в то же время масса предложенной порции мясного блюда (+7 %), салата (+22 %), гарнира овощного (+29 %) отклонялась от данных по меню-раскладкам в большую сторону. Согласно меню-раскладке в день проведения мероприятий по контролю в рамках научно-исследовательской работы среднее содержание основных пищевых веществ (белков, жиров, углеводов) и энергии соответствовало усредненной потребности в пищевых веществах во время трех приемов пищи для учащихся начальной школы. Соотношение белков, жиров и углеводов в школьном рационе для кадетов в возрасте 7–11 лет в день контроля носило неоптимальный характер (1,0:1,2:6,7) за счет превышения в 1,7 раза доли углеводного компонента.

Изучение индивидуального потребления порций учащимися весовым методом показало, что фактический уровень потребления практически всех блюд, за исключением фруктов, был на 9–68 % ниже объема порций блюд, регламентируемых СанПиН 2.4.5.2409-08 (табл. 1).

Сравнительная оценка объема фактически съеденных порций блюд во время приема пищи кадетами с предложением готовых блюд и изделий на раздаче показала, что фактический уровень потребления порций каши и овощного гарнира в среднем ниже в два раза, а напитков, супа и мяса – в 1,3–1,5 раза.

Таблица 1

Доля среднего фактического потребления блюд от рекомендуемой массы порций учащимися начальных классов, %

Параметр	Название блюда						
	каша	суп	мясо, котлета	гарнир	фрукт	салат	напиток
Доля фактического потребления	65	81	65	91	100	32	70

Среднее содержание макронутриентов и энергетическая ценность потребленных блюд было на уровне 69 %, что в 1,5 раза ниже теоретического содержания в меню. Средний фактический уровень потребления младшими кадетами белка за три приема пищи составил 28,54 г, жиров – 29,98 г, что на 43–42 % ниже усредненной потребности (p = 0,001–0,005) (табл. 2). Уровень калорийности блюд составил только 73,5 % от усредненной потребности в калориях (p = 0,06).

Таблица 2

Количественная оценка потребления основных пищевых веществ, энергии учащимися начальных классов во время трех приемов пищи в школе по данным меню-раскладки и весового метода

Пищевые вещества	Потребность в пищевых веществах для обучающихся в завтрак + обед + полдник (65 %)	По меню-раскладке		Весовой метод (фактически съедено)		p^*
		M	Доля от усредненной потребности, %	*M*	Доля от усредненной потребности, %	
Белки, г	50,05	41,99	83,9	28,54 ± 9,32	57,0	0,001
Жиры, г	51,35	48,68	94,8	29,98 ± 12,54	58,4	0,005
Углеводы, г	217,75	281,09	129,1	185,77 ± 67,33	85,3	0,31
Калорийность, ккал	1527,5	1730,4	113,3	1123,28 ± 394,2	73,5	0,06

Примечание: p^* – достоверность различий показателей потребности и фактического потребления весовым методом.

Лабораторный анализ образцов готовых блюд, отобранных на пищеблоке кадетского корпуса, установил соответствие фактической массы блюд завтрака рекомендуемой. В образцах проб сыра голландского, батона нарезного содержание белков, жиров, энергетическая ценность находилось в пределах допустимого уровня. В образце пробы каши овсяной молочной «Геркулес» содержание белков было ниже, а содержание углеводов, жиров, энергетическая ценность – выше допустимого уровня. Энергетическая ценность пробы чая с лимоном находилась в пределах нормативных значений. Фактическая энергетическая ценность завтрака составила 565,4 Ккал, что составило 24,1 % от усредненной потребности в энергии (2350 Ккал) в день, при нормируемой величине энергетической ценности завтрака 25 % (± 5 %) (п. 6.14. СанПиН 2.4.5.2409-08).

При лабораторном исследовании блюд, представленных на обед, установлено, что в образце пробы салата из свеклы с чесноком содержание белков и жиров было

в пределах допустимого уровня, а содержание углеводов и энергетической ценности – выше. В пробе рассольника «Ленинградского» на мясном бульоне содержание углеводов находилось в пределах допустимого уровня, а белков, жиров, энергетической ценности – выше. В пробе капусты тушеной содержание белков, углеводов было ниже, а содержание жиров, энергетической ценности – выше допустимого уровня. Пробы гуляша из говядины, хлеба пшеничного, хлеба ржаного имели энергетическую ценность и содержание макронутриентов на допустимом уровне. Энергетическая ценность напитка из шиповника превышала допустимый уровень. В целом фактический калораж обеда составил 1179,5 Ккал – 50,2 % от усредненной потребности в энергии (2350 Ккал) в день, при нормируемой величине энергетической ценности обеда 35 % (± 5 %).

Фактическая порция сока, представленного на полдник, соответствовала рекомендуемому объему для обучающихся изучаемой возрастной группы, а масса банана в среднем составила 220 г, что в 2,2 раза превышало рекомендуемую массу (100 г). Содержание белков, углеводов, жиров, энергетическая ценность банана свежего, сдобы обыкновенной соответствовали допустимому уровню. Энергетическая ценность фруктового нектара находилась в допустимых пределах. Фактическая энергетическая ценность полдника кадетов составила 486,4 Ккал, что равнялось 20,7 % усредненной потребности в энергии (2350 Ккал) в день при нормируемой величине энергетической ценности полдника 15 % (± 5 %).

Сравнительный анализ результатов количественной оценки различными методами фактического потребления основных пищевых веществ и энергии учащимися начальных классов кадетской школы показал, что уровни поступления белков и углеводов, установленные лабораторным и весовым методом, были до 1,6 раза ниже значений, рассчитанных по меню-раскладке, и до 1,3 раза – усредненной потребности (табл. 3). Потребление жиров и энергетическая ценность школьного рациона, установленные весовым методом, оказались ниже данных меню-раскладки в 1,5–1,6 раза, усредненной потребности – в 1,4–1,7 раза, по результатам лабораторного исследования – до 1,4 раза ниже данных меню-раскладки и усредненной потребности.

Таблица 3

Количественная оценка потребления основных пищевых веществ, энергии учащимися начальных классов при трехразовом питании в школе по меню-раскладке, весовым и лабораторным методом

Пищевые вещества	Усредненная потребность в пищевых веществах	По меню-раскладке		Весовой метод		Лабораторный метод		
		M	Доля от усредненной потребности, %	*M*	Доля от усредненной потребности, %	*M*	Доля от усредненной потребности, %	Доля от показателей, полученных весовым методом, %
Белки + Углеводы, г	267,8 г	323,08	120,64	214,31	80,03	206,61	77,15	96,4
Жиры, г	51,35	48,68	94,8	29,98	58,4	35,59	69,3	231,15
Калорийность, ккал	1527,5	1730,4	113,3	1123,3	73,54	1234,78	80,84	109,9

Выводы:

1. За счет реализации военно-прикладной программы образовательный процесс младших кадетов характеризуется увеличением объема внеурочной деятельности и физической нагрузки.

2. На фоне превышения до 32 % усредненной потребности в пищевых веществах с увеличением в 1,7 раза доли углеводного компонента по данным меню-раскладок, избытка фактического калоража обеда на 43 %, объем фактически съеденных порций до двух раз ниже относительно предложения на раздаче.

3. Результаты количественной оценки весовым и лабораторным методами показали снижение фактического потребления макронутриентов, энергии учащимися начальных классов во время завтрака, обеда и полдника в кадетской школе в 1,4–1,6 раза относительно данных меню-раскладок и в 1,2–1,7 раза – усредненной потребности в пищевых веществах.

4. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости совершенствования системы питания в образовательных организациях для ликвидации существующего дефицита нутриентов с учетом соблюдения гигиенических норм и требований к организации питания.

Список литературы

1. Гланц С. Медико-биологическая статистика. – М.: Практика, 1998. – 459 с.

2. Гигиеническая оценка напряженности учебной деятельности обучающихся 5–10 классов общеобразовательных школ / В.Р. Кучма, Н.В. Ефимова, Е.А. Ткачук [и др.] // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 6. – С. 552–558. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-6-552-558

3. Лукашова Ю.А. Научное обоснование рационов питания воспитанников кадетских школ-интернатов г. Москвы // Вопросы детской диетологии. – 2011. – Т. 9, № 5. – С. 17–23.

4. Распределение учебной нагрузки гимназистов в динамике учебного дня и недели на основе параметров умственной работоспособности / Н.В. Анисимова, О.Н. Опарина, Г.А. Сугробова [и др.] // Известия вузов. Поволжский регион. Гуманитарные науки. – 2015. – № 4 (36). – С. 226–234.

5. Романенко С.П. Оценка питания и двигательной активности детей в образовательных организациях кадетского типа // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 1. – С. 63–68. DOI: 10.33029/0016-9900-2020-99-1-63-68

6. Современное кадетское образование в России: состояние нормативно-правового регулирования [Электронный ресурс] // Федеральный центр образовательного законодательства. – URL: http://www.lexed.ru/obrazovatelnoe-pravo/analitika/detail.php? ELEMENT_ID=5495 (дата обращения: 17.07.2020).

7. Тапешкина Н.В., Перевалов А.Я. Оценка фактического питания детей в школе // Сибирский научный медицинский журнал. – 2015. – Т. 35, № 4. – С. 49–54.

8. Тутельян В.А. Научные основы здорового питания. – М.: Панорама, 2010. – 816 с.

9. Тутельян В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: справочник. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 284 с.

10. Тутельян В.А., Конь И.Я. Научные основы разработки принципов питания здорового и больного ребенка // Вопросы детской диетологии. – 2005. – Т. 3 (3). – С. 5–8.

11. Juniusdottir R., Hörnell A., Gunnarsdottir I. Composition of School Meals in Sweden, Finland, and Iceland: Official Guidelines and Comparison With Practice and Availability // J. Sch. Health. – 2018. – Vol. 88 (10). – P. 744–753. DOI: 10.1111/josh.12683

Особенности структуры массы тела и деятельности сердечно-сосудистой системы учащихся средних профессиональных образовательных организаций строительного профиля

К.С. Жиров, А.Д. Трубецков

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

Проведено одномоментное поперечное исследование 79 учащихся Саратовского колледжа водного транспорта, строительства и сервиса, обучающихся на строителей. Рабочей гипотезой исследования было то, что специальностям профессионального образования обучаются подростки с различными клинико-физиологическими особенностями, которые нужно учитывать при разработке профилактических мероприятий. В ходе исследования было установлено, что обучаться на строительные специальности преимущественно приходят подростки с хорошим уровнем физического развития. Однако при этом большой процент обучающихся подростков имеет повышенный уровень нагрузок на сердечно-сосудистую систему, что говорит о риске возникновения у них соответствующих патологических состояний.

Ключевые слова: самоотбор, учащиеся, строители.

В юношеском возрасте повышена вероятность того, что факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний возымеют негативные последствия [1]. Такие вредные факторы, как лишний вес, курение и так далее, увеличивают нагрузку на сердечно-сосудистую систему, повышая риск возникновения заболеваний [4]. Важно, что при использовании только индекса массы тела (ИМТ) при анализе уровня жировой массы тела у обучающихся может иметь место гиподиагностика как ожирения, так и дефицита жировой массы тела [2]. Помимо того существует явление самоотбора, суть которого заключается в том, что в разные профессии приходят лица с различными особенностями физического развития и телосложения, что сказывается на состоянии здоровья в различных производственных популяциях [3]. Выбор специальности в значительной степени связан с самооценкой состояния своего здоровья обучающимися, возможностями реализации в рамках той или иной специальности. Таким образом, уже на начальном этапе обучения и выборе профессии могут формироваться группы с определенными особенностями исходного состояния здоровья.

Цель исследования – изучить факторы риска развития патологических состояний у подростков, поступающих учиться на профессии строительного профиля.

Материалы и методы. Было проведено одномоментное поперечное исследование 79 учащихся Саратовского колледжа водного транспорта, строительства и сервиса. Осуществлено антропометрическое исследование (рост, вес, индекс массы тела, соотношение обхватов талии и бедер), исследование структуры массы тела (уровень жировой массы тела, уровень безжировой массы тела, уровень активной клеточной массы) и исследование состояния сердечно-сосудистой системы (арте-

риальное давние, частота сердечных сокращений). Состояние сердечно-сосудистой системы было изучено с использованием компьютерной системы скрининга сердца «Кардиовизор-06с». Структура массы тела была изучена с использованием компьютерного реографического комплекса «Диамант».

Результаты. При анализе индекса массы тела было установлено, что 7 % юношей имеют ИМТ, свидетельствующий о лишнем весе, 2 % – ИМТ, говорящий об ожирении, 21,5 % имеют дефицитное значение ИМТ, и 71,5 % – нормальное значение. В ходе антропометрического обследования выявлено, что среднее значение соотношения обхватов талии и бедер у учащихся составляет $0,8 \pm 0,01$, что 5 % учащихся имеют соотношение талии и бедер, которое можно интерпретировать как ожирение, и 95 % имеют нормальное соотношение обхватов талии и бедер. По результатам биоимпедансометрии установлено, что 9,09 % обследованных юношей имели избыточный уровень жировой ткани в организме, 71,48 % – нормальный уровень жировой ткани, а 19,48 % – дефицит жировой массы тела. При этом было установлено, что 31,17 % обследованных имели дефицит активной клеточной массы в организме, что свидетельствует о пониженной способности организма к расходу калорий и является фактором риска повышения уровня жировой массы тела в дальнейшем, а 68,83 % имели нормальный уровень активной клеточной массы, соответствующий хорошему уровню физической формы. В общей совокупности только 30,37 % обследованных не имели каких-либо отклонений в структуре массы тела.

Исследование показателей функционирования сердечно-сосудистой системы не выявило признаков повышенной нагрузки, таких как повышение пульса и артериального давления. Однако в ходе исследования типа саморегуляции кровообращения выявлено, что 30 % обследованных имеют сосудистый тип саморегуляции, что является косвенным свидетельством наличия повышенной нагрузки на сердечно-сосудистую систему. Анализ типа гемодинамики показал, что 83 % учащихся имеют гиперкинетический тип гемодинамики, характеризующийся пониженным адаптационным потенциалом сердечно-сосудистой системы. 84 % опрошенных дали положительный ответ на вопрос, курят ли они. Также о повышенной нагрузке на сердечно-сосудистую систему свидетельствует увеличенное значение сердечного индекса у учащихся, составившее $4,6 \pm 0,95$.

Таким образом, было установлено, что обучаться на строительные специальности преимущественно поступают лица, имеющие либо дефицитное значение жировой массы тела, либо дефицитное значение активной клеточной массы. 69,62 % учащихся имеют те или иные нарушения в структуре массы тела, говорящие об их низкой физической готовности к выполнению тяжелой работы. При этом косвенные показатели функционирования сердечно-сосудистой системы свидетельствуют о том, что на сердечно-сосудистую систему учащихся оказывается достаточно большая нагрузка, которая в последующем может привести к развитию различных патологических состояний. При этом профессии строительной специальности отличаются высокой тяжестью условий труда и предъявляют повышенные требования к физической форме работников. Совокупность данных, полученных о структуре массы тела и о состоянии сердечно-сосудистой системы, говорит о том, что обследованные имеют пониженный адаптационный потенциал и склонны к развитию различных заболеваний в будущем в условиях последующей трудовой деятельности. Несмотря на предстоящие высокие требования к физической форме, обучаться на строительные специальности довольно часто поступают лица, имею-

щие нарушения в структуре массы тела и не подготовленные должным образом к будущей профессии.

Выводы:

1. Подавляющее число учащихся по строительной специальности имеют нарушения в уровне жировой массы тела и активной клеточной массы.

2. При отсутствии прямых признаков повышенной нагрузки на сердечно-сосудистую систему (повышенного артериального давления и частоты сердечных сокращений) у подавляющего числа учащихся были обнаружены косвенные показатели (большой процент учащихся имеют сосудистый тип саморегуляции кровообращения и гиперкинетический тип гемодинамики), что может привести к формированию патологических состояний сердечно-сосудистой системы.

Список литературы

1. Баранов А.А., Кучма В.Р. Руководство по применению автоматизированных технологий скрининг диагностики нарушений здоровья детей в образовательных. – М.; СПб.: РОШУМЗ, 2010. – 77 с.

2. Жиров К.С., Трубецков А.Д., Данилов А.Н. Структура массы тела у учащихся современных образовательных организаций // Гигиена и санитария на страже здоровья человека: материалы межрегион. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – Саратов, 2019. – С. 89–91.

3. Трубецков А.Д. Эффект здорового рабочего в медицине труда // Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – № 9 (282). – С. 38–40.

4. Распространенность ожирения и избыточной массы тела среди детского населения РФ: мультицентровое исследование / В.Л. Тутельян [и др.] // Педиатрия им. Г.Н. Сперанского. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 28–31.

Развитие системы профилактики заболеваний на примере подготовки вузов Москвы к новому учебному (2020–2021) году в условиях сохраняющихся эпидемиологических рисков

В.М. Смирнова, А.И. Худобородов

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по городу Москве, г. Москва, Россия

В связи с необходимостью профилактики распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19 в образовательных организациях высшего образования в Москве были утверждены методические рекомендации МР 3.1/2.1.0205-20 «Рекомендации по профилактике новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» в образовательных организациях высшего образования» от 29.07.2020 г. Данная статья отображает комплексную информацию о степени подготовки вузов Москвы к новому учебному (2020–2021) году, а именно организацию их деятельности при формировании новых учебных программ, создание оптимальных

условий профилактики в процессе обучения, ведение отчетности по тестированию сотрудников, координирование взаимодействия педагогического и студенческого составов в условиях сохраняющихся эпидемиологических рисков.

Ключевые слова: профилактика, высшие учебные заведения, коронавирус, обучение, иностранные студенты, эпидемиологическая ситуация.

30 января 2020 г. Всемирная организация здравоохранения объявила вспышку COVID-19 чрезвычайной ситуацией в области общественного здравоохранения[1], имеющей международное значение, а 11 марта – пандемией. В Россию же пандемия пришла в 27–29 числа февраля, нулевым пациентом принято считать мужчину средних лет, вернувшегося и Милана [3, 4]. Согласно статистике, представленной на информационной панели COVID-19 Центра системных наук и инженерии (CSSE) Университета Джонса Хопкинса[2] [7], на сегодняшний день в России зарегистрировано 1 098 958 человек зараженных коронавирусом, из них 19 349 умерли. По наиболее свежим статистическим данным, обновляющимся на ежедневной основе, отраженным на сервисе Яндекс «Коронавирус: статистика» [1], на 20 сентября в России зарегистрировано 1 103 399 зараженных, умерших – 19 418, что подтверждают данные сайта «Стопкоронавирус.рф» [6].

Как и ожидалось, наибольшее количество как зараженных, так и смертей пришлось на столицу – 276 493 человека было заражено, 5057 из которых скончались. Пик заболеваемости пришелся на 7 мая – 6703 человека, но уже 26 мая выздоровели 8033 пациента. Благодаря своевременно предпринятым мерам в виде введения режима самоизоляции, пропускного режима, усиления профилактических мер по распространению и передаче респираторной инфекции мы имеем такой результат.

В течение летнего периода отмечалось постепенное снижение количества заболевших, однако на 20 сентября заболеваемость снова начала расти – стало проявляться небрежное отношение граждан к ношению средств индивидуальной защиты, а в связи с осенним периодом обострились вирусные заболевания помимо COVID-19, участились случаи внебольничных пневмоний, ОРВИ. Стоит отметить и тот факт, что многие жители столицы и Подмосковья вернулись после отдыха, где также пренебрегали мерами самозащиты. Говоря о профилактике заболеваемости коронавирусной инфекцией COVID-19, следует упомянуть о путях распространения данного вируса.

Согласно источнику «Стопкоронавирус.рф», COVID-19, как и другие респираторные вирусы, распространяется воздушно-капельным путем, когда инфицированный человек кашляет или чихает, кроме того, он может распространяться, когда инфицированный человек касается любой загрязненной поверхности. Перенос вируса здоровыми людьми происходит, когда они касаются загрязненными руками слизистых рта, носа или глаз. В связи с чем были введены меры по использованию средств индивидуальной защиты (маски, перчатки, респираторы) а также разработаны меры по дезинфекции в общественных местах.

К сожалению, СИЗы не обеспечивают 100%-ной защиты от инфицирования, вследствие чего даже при их использовании заражения будут происходить. Помня об этом, о тех лицах, кто находится в группах риска, стоит отметить важность избегания

[1] Заявление по итогам второго совещания Комитета по чрезвычайной ситуации в соответствии с Международными медико-санитарными правилами, в связи со вспышкой заболевания, вызванного новым коронавирусом 2019 г. (nCoV).

[2] Информационная панель COVID-19 Центра системных наук и инженерии (CSSE) Университета Джонса Хопкинса (JHU).

большого скопления людей в замкнутом пространстве, однако в некоторых случаях, например в школах и высших учебных заведениях, это не представляется возможным.

В силу возраста и уровня ответственности многие студенты пренебрегают профилактическими мерами, собираясь компаниями более 50 человек, не используя средства индивидуальной защиты, приветствуя друг друга путем телесных контактов. Помимо этого, часть из них иностранные студенты. Вместе с тем во время учебного процесса имеется необходимость очного присутствия нескольких студенческих групп одновременно, что также увеличивает риск заражения. Несоблюдение социального дистанцирования может привести к возникновению новых очагов заболеваемости, как первичной, так и повторной, среди обучающихся и среди учебно-педагогического состава, наличие контагиозных студентов может повлечь распространение вируса не только в общественном транспорте, но и в общежитиях, формируя тем самым новые очаги. Именно на необходимость контроля за распространением коронавируса среди студентов и учебно-педагогического состава, который чаще всего включает пожилых людей, следует обратить внимание. Поэтому с изданием методических рекомендаций следовало собрать и проанализировать статистические данные по выполнению предписаний вузами Москвы.

29 июля 2020 г. руководителем Роспотребнадзора утверждены методические рекомендации МР 3.1/2.1.0205-20 «Рекомендации по профилактике новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в образовательных организациях высшего образования» [2].

Указанные рекомендации предусматривают комплекс профилактических мероприятий, направленных на предотвращение распространения новой коронавирусной инфекции (далее – COVID-19), и включают в себя усиление дезинфекционного режима в учебных корпусах и общежитиях, проведение входного контроля с термометрией для выявления лиц с признаками респираторных заболеваний, обеспечение условий для соблюдения правил личной гигиены, соблюдение масочного режима, организацию изоляции лиц с признаками респираторных заболеваний до приезда медицинских работников, а также на 14-дневный срок – студентов из зарубежных стран (с обязательным проведением тестирования на COVID-19), организацию учебного процесса с максимальным разобщением учебных групп, коллективов, соблюдение социального дистанцирования в местах массового скопления, проведение гигиенического воспитания студентов, ограничение работы сотрудников из групп риска.

В период появления случаев COVID-19 на территории Москвы в адрес ректоров вузов Москвы были направлены предписания о проведении дополнительных санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий, в рамках исполнения которых администрацией вузов систематически представлялась в Управление информация о ходе выполнения предписаний. Вместе с тем с целью объективной оценки санитарно-эпидемиологической обстановки и готовности вузов к началу очного обучения в соответствии с рекомендациями Роспотребнадзора, в настоящее время в адрес вузов города, а также председателю совета ректоров вузов Москвы и Московской области нами направлены запросы о предоставлении информации о порядке организации учебного процесса в новых условиях и выполнении комплекса санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий в учебных корпусах, общежитиях, подведомственных объектах физической культуры и спорта, объектах общественного питания.

С учетом различной эпидемиологической ситуации по новой коронавирусной инфекции в разных странах мира, одной из критических точек контроля в рамках начала нового учебного года является процесс вливания иностранных студен-

тов в учебные коллективы, их размещение в общежитиях. В соответствии с методическими рекомендациями иностранные студенты в течение 14 суток после прибытия в Российскую Федерацию должны находиться под наблюдением в изоляции (обсерваторе), при этом на 10–12-е сутки они должны пройти тестирование на COVID-19 методом ПЦР.

Согласно информации, предоставленной 75 основными вузами города (всего в городе более 180 вузов, включая отчитавшиеся), в 2020–2021 гг. приступят к учебе 617 422 студента, в том числе 56 764 иностранных студента. На очной форме обучения будет учиться 464 380 студентов, в том числе 42 643 иностранных студентов.

Больше всего иностранных студентов (в абсолютных цифрах (рис. 1)) обучается в вузах: ФГАОУ ВО РУДН (7747), университет «Синергия» (6398), ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова (4721), ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. Сеченова (4121), Высшая школа экономики (3786), ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет» (1732), Московский финансово-юридический университет МФЮА (1517), Московский политех (1486), МГТУ им. Н.Э. Баумана (1471), ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт» (1257).

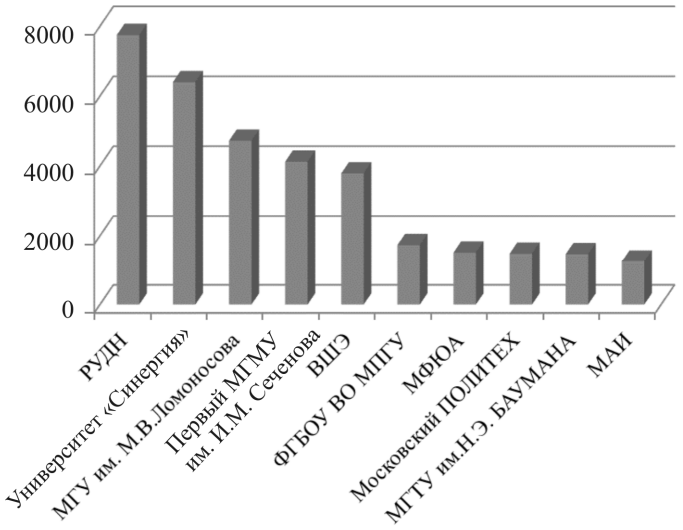


Рис. 1. Количество иностранных студентов в абсолютных цифрах

Наибольший процент иностранных студентов (из крупных вузов) – в РУДН – 30 %, университете «Синергия» – 20,7 %, Первом МГМУ им. И.М. Сеченова – 20,2 % (рис. 2).

Указанные вузы в первую очередь должны обратить внимание на обеспечение временной изоляции иностранных студентов, при этом предоставив им необходимые условия, а также возможность отдельного питания в местах их временной изоляции (заказ продуктов или иное).

Всего в общежитиях вузов 141 985 койко-мест в общежитиях, из них 99 200 занято, имеется 715 помещений для изоляции лиц с признаками ОРВИ, в шести вузах таких помещений на 15.08.2020 г. не было, 4039 койко-мест для временной изоляции (на 14 суток) иностранных студентов по состоянию на 15.08.2020 выделены не были в 20 вузах.

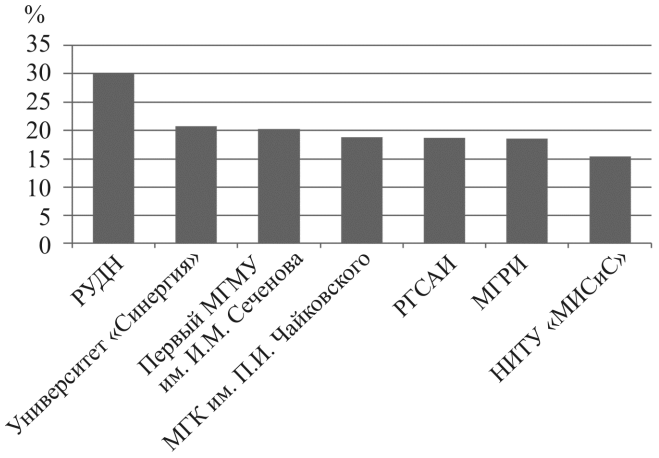


Рис. 2. Количество иностранных студентов относительно общего числа обучающихся, %

Другой «критической» группой контроля являются лица старше 65 лет и лица, имеющие хронические заболевания, среди профессорско-преподавательского состава. Из общего количества 127 886 сотрудников вузов 21 535 человек относятся к данным группам риска. Роспотребнадзором рекомендовано задействовать указанный контингент преподавателей с использованием дистанционного формата обучения. Вместе с тем, согласно полученной информации, только 14 337 человек (66,6 %) переведено на дистанционный формат работы, 474 (2,2 %) – отстранено от работы.

В соответствии с указом мэра Москвы № 12-УМ от 05.03.2020 (в действующей редакции) на работодателей возложена обязанность обеспечить с 1 июня 2020 г. в течение каждых 15 календарных дней проведение исследований на предмет наличия новой коронавирусной инфекции (2019-nCoV). Согласно полученной информации 24 876 человек из 127 886 работников вузов прошли такое обследование на сегодняшний день. Указанная работа должна проводиться на систематической основе. Осуществление подобного скрининга позволяет дать оценку эпидемиологической ситуации в коллективе и предотвратить распространение инфекции.

Большинство вузов Москвы откроют свои двери 1 сентября (единичные – Литературный институт им. М. Горького, Институт Европы РАН – перенесли начало обучения на 1 октября и 1 ноября соответственно).

Согласно полученной информации, все вузы подготовились к работе в новых условиях:

– во всех вузах, имеющих механическую систему приточно-вытяжной вентиляции, проведена ее очистка и дезинфекция (не следует забывать, что только систематическое проведение этих работ позволяет снизить риски распространения инфекций, передающихся воздушно-капельным путем);

– закуплен 376 261 литр и 43 501 кг дезинфицирующих средств для обработки 4 млн 902 тыс. $м^2$ зданий вузов и общежитий, оборудовано 4620 УФ-облучателей для обеззараживания воздуха, закуплено 100 тыс. литров антисептиков для обработки рук, 9 млн масок, 3 млн перчаток, 2000 бесконтактных термометров для обеспечения «входного контроля».

Полученная и проанализированная информация от вузов позволяет сделать вывод об активной работе, проведенной администрацией вузов по их подготовке

к предстоящему учебному процессу, в условиях сохраняющихся эпидемиологических рисков.

Вместе с тем с целью минимизации рисков распространения новой коронавирусной инфекции при организации учебного процесса в вузах Москвы, сохранения здоровья учеников и профессорско-преподавательского состава в адрес председателя Совета ректоров вузов Москвы и Московской области Н.Н. Кудрявцеву вынесены рекомендации:

– довести до сведения администрации вузов, не обеспечивших условия для временной изоляции лиц с признаками ОРВИ и не выделивших соответствующие площади в занимаемых зданиях, а также (отдельно) для иностранных студентов для обеспечения 14-дневной изоляции, факты о значимости данных профилактических мероприятий для борьбы с распространением инфекции, обеспечить сбор, обобщение и направление в адрес Управления информации о принятых администрацией вышеуказанных вузов мерах, направленных на выполнение данных рекомендаций Роспотребнадзора по изоляции потенциально опасных в части распространения инфекционного процесса граждан;

– рекомендовать администрации вузов максимально перевести на дистанционный формат работы профессорско-преподавательский состав из групп риска;

– указать администрации вузов на необходимость соблюдения обязательных требований по проведению систематических обследований сотрудников на предмет наличия новой коронавирусной инфекции (2019-nCoV) в соответствии с указом мэра Москвы № 12-УМ от 05.03.2020 (в действующей редакции) [5].

Список литературы

1. Коронавирус: статистика [Электронный ресурс] // Яндекс. – URL: https://yandex.ru/covid19/stat?utm_source=main_notif&geoId=213 (дата обращения: 12.08.2020).

2. МР 3.1/2.1.0205-20. Рекомендации по профилактике новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в образовательных организациях высшего образования / утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 29 июля 2020 г.) [Электронный ресурс] // Гарант. – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74361485/ (дата обращения: 12.08.2020).

3. Назван нулевой пациент с коронавирусом в России [Электронный ресурс] // Новостной портал RG.RU. – URL: https://rg.ru/2020/04/15/nazvan-nulevoj-pacient-s-koronavirusom-v-rossii.html (дата обращения: 12.08.2020).

4. Назван нулевой пациент с коронавирусом в России. Распространение нового коронавируса [Электронный ресурс] // Новостной портал РИА новости. – URL: https://ria.ru/20200415/1570083121.html (дата обращения: 12.08.2020).

5. О введении режима повышенной готовности: Указ Мэра Москвы № 12-УМ от 05.03.2020 [Электронный ресурс] // Гарант. – URL: http://base.garant.ru/73711482/ (дата обращения: 12.08.2020).

6. Оперативные данные [Электронный ресурс] // Стопкоронавирус.рф. – URL: https://xn--80aesfpebagmfblc0a.xn--p1ai/ (дата обращения: 12.08.2020).

7. COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University [Электронный ресурс]. – URL: https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6 (дата обращения: 12.08.2020).

Раздел VII

Информационные технологии и математическое моделирование при проведении исследований в области гигиены и эпидемиологии

Оценка риска здоровью и обеспечение гигиенической безопасности городского населения с использованием геоинформационных систем

Е.М. Студеникина[1,2], Ю.И. Стёпкин[1,2], О.В. Клепиков[1,3]

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

Оценены риск здоровью и обеспечение гигиенической безопасности городского населения на основе применения инструментов геоинформационных систем.

Региональные особенности воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды характеризуются значительными различиями уровней техногенной нагрузки на внутригородскую среду обитания (КН от 7,97 до 14,65) и преимущественным вкладом в ее величину загрязнения атмосферного воздуха.

Усовершенствованы методические подходы к оценке риска для здоровья населения, обусловленного воздействием техногенных факторов городской среды, в части использования инструментов геоинформационных систем.

По результатам оценки риска здоровью доказана приоритетность неблагоприятного воздействия на горожан загрязнения атмосферного воздуха и автотранспортного шума по отношению к рискам, обусловленным качеством питьевой воды и загрязнением почвы.

Ключевые слова: оценка риска здоровью, техногенные факторы, город.

Развитие социально-гигиенического мониторинга (СГМ), функционирующего на базе организаций и учреждений Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, позволило получать объективную информацию о социальных и техногенных факторах риска здоровью населения, по уровню заболеваемости и причинно-следственным связям в системе «факторы окружающей среды – здоровье населения», что необходимо для реализации принципа всесторонней информационной обеспеченности принятия приоритетных управленческих решений по первичной профилактике заболеваемости населения [1].

Вместе с тем в современных условиях изменяются задачи и приоритеты СГМ, который в настоящее время интегрируется в риск-ориентированную модель государственного санитарно-эпидемиологического надзора, а также в формулирование и выполнение задач национальных проектов стратегического развития России на период до 2024 г. [2].

В свою очередь последнее требует совершенствования методических подходов, в том числе с использованием средств современных информационных технологий – геоинформационных систем (ГИС), которые, как показал практический опыт, могут служить эффективным инструментом решения межведомственных за-

дач по ведению СГМ и охране здоровья населения. Следует также отметить, что, несмотря на накопленный региональный опыт синтеза разнородных данных на основе электронного картографического анализа и автоматизации работы с информацией, а также существующее многообразие инструментов ГИС, до настоящего момента проблемные вопросы обеспечения эффективной эксплуатации геоинформационных систем в социально-гигиеническом мониторинге и их использования в риск-ориентированном планировании контрольно-надзорных мероприятий остаются актуальными, что связано с отсутствием единых принципов организации и требований к эксплуатации ГИС для решения задач организаций и учреждений, подведомственных Роспотребнадзору [3].

Цель исследования – оценка риска здоровью и обеспечение гигиенической безопасности городского населения на основе применения инструментов геоинформационных систем.

Задачи:

1. Провести анализ действующей региональной системы социально-гигиенического мониторинга и уровня объективности идентификации воздействия факторов техногенного риска на здоровье городского населения.

2. Выполнить комплексную оценку антропогенной нагрузки на окружающую среду по фондовым данным системы социально-гигиенического мониторинга; определить вклад в нее отдельных групп факторов окружающей среды (уровня загрязнения атмосферного воздуха, качества питьевой воды, уровня загрязнения почвы селитебной территории, автотранспортного шума).

3. Усовершенствовать подходы сбора и анализа информации в количественной оценке риска для здоровья населения, обусловленного воздействием техногенных факторов городской среды обитания, на основе применения инструментов геоинформационных систем.

4. Выявить приоритетные техногенные факторы, обусловливающие неприемлемые уровни риска для здоровья городского населения; оценить уровень заболеваемости населения на внутригородских территориях с различным влиянием факторов техногенного риска.

5. Сформулировать принципы эффективного использования и развития геоинформационных технологий для решения задач совершенствования региональной системы социально-гигиенического мониторинга и обеспечения гигиенической безопасности населения.

Материалы и методы. В исследовании использованы материалы регионального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга, осуществляющегося на базе Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» за 2014–2018 гг.

Гигиеническая оценка риска для здоровья населения включала идентификацию опасности – анализ данных об уровне загрязнения атмосферного воздуха, качестве питьевой воды, уровне загрязнения почвы, уровнях воздействия на население физических факторов (автотранспортного шума) с расчетом комплексных коэффициентов техногенной нагрузки на отдельные среды.

Для комплексной оценки антропогенной нагрузки использованы положения методических указаний ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана «Комплексное определение антропотехногенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в рай-

онах селитебного освоения»[1]. Оценка канцерогенного и неканцерогенного риска для здоровья населения, обусловленного качеством питьевой воды, для двух возрастных групп (дети в возрасте 6 лет, взрослые) в соответствии со стандартными формулами расчета доз, коэффициентов (*HQ*) и индексов (*HI*) опасности, приведенными в Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»[2]. Оценка риска от воздействия транспортного шума выполнена в соответствии МР 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума»[3].

Для картографирования данных использованы лицензионные программные продукты геоинформационных систем ArcGIS ArcView 9.2 с ArcGis Publisher и Spatial Analyst и MapInfo.

На заключительном этапе научно обоснованы принципы эффективного использования ГИС для обеспечения гигиенической безопасности городского населения и повышения эффективности риск-ориентированного планирования контрольно-надзорных мероприятий.

Результаты. В настоящее время в г. Воронеже наблюдения за воздействием техногенных факторов окружающей среды систематически проводятся на пяти маршрутных постах контроля уровня загрязнения атмосферного воздуха, в 18 мониторинговых точках контроля качества питьевой воды, в 21 мониторинговой точке контроля уровня загрязнения почвы, что для площади городского округа (569 км^2) и населения 1,054 млн человек недостаточно для всесторонней оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием техногенных факторов городской среды.

Использование геоинформационных систем в региональном социально-гигиеническом мониторинге основывается на точечном методе картографирования информации, что не обеспечивает достоверного анализа ситуации об уровнях воздействия факторов среды обитания и здоровья населения на территории города.

В связи с этим для повышения объективности информации о состоянии городской среды обитания в нашем исследовании использованы и данные нерегулярных наблюдений за 2014–2018 гг., что позволило более точно оценить концентрации загрязняющих веществ в объектах окружающей среды, уровни воздействия шумового фактора и показатели риска для здоровья населения. Основным направлением совершенствования применения геинформационных систем являлся переход от точечного картографирования к ареальному, в том числе с использованием метода пространственного интерполирования значений показателей состояния окружающей среды способом изолиний (метода IDW-интерполирования и построения изолиний при помощи модуля «Поверхность»).

---

[1] Комплексное определение антропотехногенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения: методические рекомендации / утв. Госкомсанэпиднадзором России 26.02.1996 №01-19/17-17 [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071315 (дата обращения: 10.08.2020).

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

[3] МР 2.1.10.0059-12. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200095849 (дата обращения: 10.08.2020).

На начальном этапе для комплексной гигиенической оценки состояния объектов среды обитания проведена условная группировка данных по трем видам внутригородских территорий: с преимущественным преобладанием промышленного сектора, с наибольшими автотранспортными потоками и относительно благополучной территории, не имеющей транзитных городских магистралей, удаленной от промышленных предприятий, с преимущественной долей жилого сектора. Мы понимаем, что такая классификация при мультифакторном воздействии на человека техногенно измененной городской окружающей среды достаточно условна и несет в себе много неопределенностей, но для решения задачи определения ведущего вклада того или иного объекта городской среды обитания в показатель комплексной антропотехногенной нагрузки вполне приемлема.

Исходя из рассчитанных для территорий средних арифметических значений показателей, нами определены комплексные коэффициенты, характеризующие состояние отдельных объектов среды обитания ($K_{\text{возд}}$, $K_{\text{воды}}$, $K_{\text{почвы}}$, $K_{\text{шума}}$) (табл. 1).

Таблица 1

Комплексная антропогенная нагрузка (КН) на окружающую среду промышленного г. Воронежа и вклад отдельных составляющих в ее величину

Показатель	Отдельные составляющие КН				Коэффициент комплексной антропогенная нагрузка нагрузки (КН)
	Атмосферный воздух ($K_{\text{возд}}$)	Питьевая вода ($K_{\text{воды}}$)	Почва ($K_{\text{почвы}}$)	Шум ($K_{\text{шума}}$)	
Территория с преимущественным преобладанием промышленного сектора					
Суммарный показатель нагрузки, ед., безразмерный	7,72	1,82	2,53	1,22	13,29
Вклад в величину КН, %	58,1	13,7	19,0	9,2	100,0
Территория с наибольшими автотранспортными потоками					
Суммарный показатель нагрузки, ед., безразмерный	8,57	1,78	2,62	1,68	14,65
Вклад в величину КН, %	58,5	12,1	17,9	11,5	100,0
Относительно благополучная территория, не имеющая транзитных городских магистралей, удаленная от промышленных предприятий, с преимущественной долей жилого сектора					
Суммарный показатель нагрузки, ед., безразмерный	2,63	1,81	2,48	1,05	7,97
Вклад в величину КН, %	33,0	22,7	31,1	13,2	100,0

Установлено, что антропогенная нагрузка на окружающую среду, значительно выше на территориях с преимущественным негативным влиянием промышленного сектора (КН = 13,29) и автотранспортных потоков (КН = 14,65) по отношению к относительно благополучной территории (КН = 7,97). Из числа анализируемых факторов (загрязнение атмосферного воздуха, качество питьевой воды, загрязнение почвы селитебной территории, автотранспортный шум) на основе комплексной гигиенической оценки определен ведущий вклад аэротехногенного фактора в формирование уровня техногенной нагрузки на городской территории (58,1–58,5 %).

Для повышения репрезентативности результатов по оценке риска для здоровья населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха города, нами была сформирована межведомственная база данных. Увеличение количества точек мониторинга уровня загрязнения атмосферного воздуха с пяти (мониторинговые точки в системе СГМ) до 70 (все места, где проводились лабораторные исследования различными ведомствами) позволило применить метод интерполяции для построения электронных картограмм, характеризующих уровень загрязнения отдельными веществами. Использование данного алгоритма представлено на примере оценки концентрации диоксида азота (рис. 1).

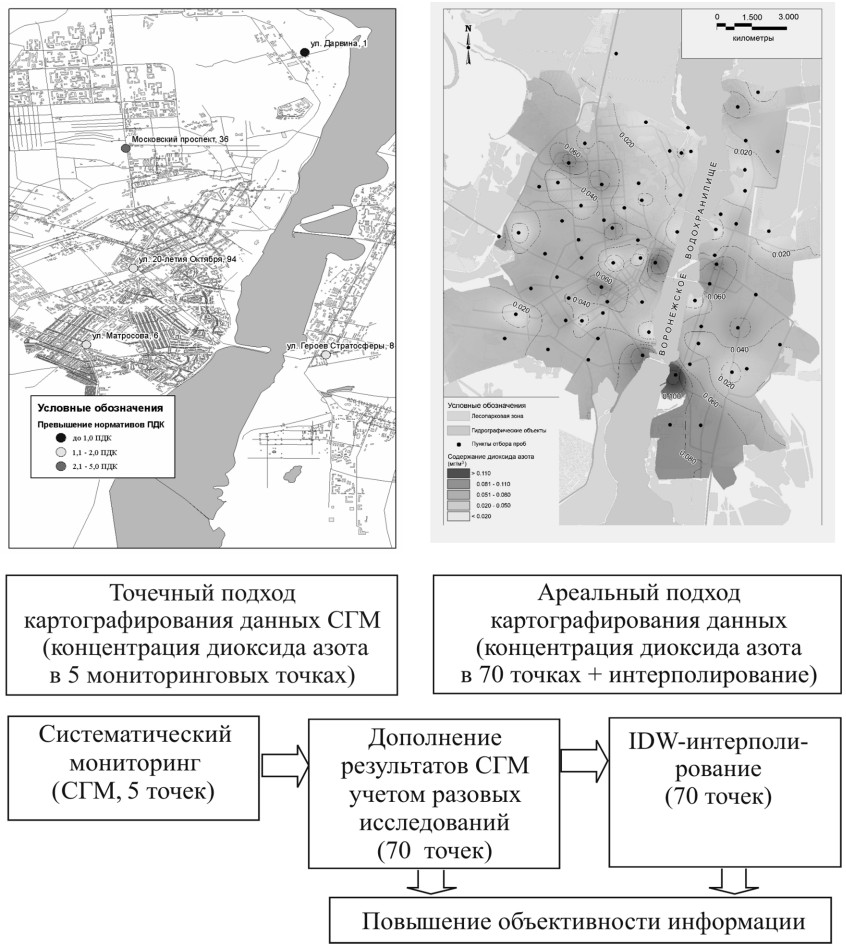


Рис. 1. Реализация принципа повышения объективности информации об уровне воздействия факторов окружающей среды с применением инструментов геоинформационных систем (на примере концентрации диоксида азота в атмосферном воздухе)

При оценке хронического воздействия установлено, что коэффициенты опасности, характеризующие неканцерогенный риск, превышали приемлемый уровень ($HQ > 1$) по четырем веществам (оксид серы IV, оксид азота IV, формальдегид,

взвешенные вещества). Наиболее значительный неканцерогенный риск обусловлен присутствием в атмосферном воздухе формальдегида (*HQ* для промышленной, транспортной и жилой функциональной зоны соответственно 3,11; 3,14; 1,49–1,71).

При оценке однонаправленного воздействия веществ установлено, что неприемлемый уровень неканцерогенного риска ($HI > 1$) характерен для развития патологий органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, кроветворной системы (кровь) и эндокринной системы.

Показатели канцерогенного риска для здоровья населения, рассчитанные по средним арифметическим значениям концентраций загрязняющих атмосферный воздух веществ, свидетельствуют, что суммарный индивидуальный канцерогенный риск (хром$^{+6}$, сажа, формальдегид), составляет более $1 \cdot 10^{-4}$, но менее $1 \cdot 10^{-3}$, что классифицируется как опасный риск.

Расчеты индивидуального канцерогенного риска от воздействия канцерогенных веществ (бенз(а)пирена, кадмия, мышьяка, свинца), содержащихся в почвах селитебной территории г. Воронежа (локальные очаги загрязнения территории жилой застройки), показали, что уровни риска для населения относятся к первому диапазону рисков (меньше $1 \cdot 10^{-6}$) и классифицируются как пренебрежимо малые, не требующие принятия мер по их снижению, но подлежащие периодическому контролю. Величину коэффициентов опасности неканцерогенного риска (*HQ*) можно охарактеризовать как допустимый уровень, не требующий принятия мер по управлению риском (т.е. *HQ* значительно меньше единицы).

Результаты расчета неканцерогенного риска здоровью населения, свидетельствуют, что для питьевой воды величина неканцерогенного риска, рассчитанного по среднемноголетним концентрациям, является приемлемой ($HQ = 0{,}03–0{,}35 < 1$).

Согласно данным, полученным в ходе мониторинга шумового воздействия на территории жилой застройки, значения эквивалентных уровней звука ($L_{\text{Аэкв.}}$) в дневное время лежали в интервале от 28 до 87 дБА, в ночное время – от 27 до 71 дБА; значения максимальных уровней звука ($L_{\text{Амакс.}}$) составляли соответственно от 32 до 97 дБА и от 32 до 82 дБА.

При этом практически во всех мониторинговых точках, за исключением двух, имели место превышения ПДУ по шуму для территории жилой застройки (рис. 2).

Установлено, что риск нарушения здоровья городского населения при существующих уровнях шума от автомобильного транспорта превышает приемлемые величины. Наиболее высокие показатели риска для здоровья характерны для заболеваний сердечно-сосудистой системы. По мере увеличения возраста (вероятной продолжительности времени воздействия) от 10 до 35 лет уровень риска оценивается как средний (величины риска составляют от 0,051 до 0,342 единицы), от 40 до 45 лет – как высокий (от 0,352 до 0,591), от 50 до 70 лет – как экстремальный (от 0,607 до 1).

Обобщая полученные данные по оценке риска для здоровья населения, обусловленного влиянием техногенных факторов городской среды обитания, сделан вывод о приоритетности неблагоприятного воздействия на население загрязнения атмосферного воздуха и автотранспортного шума.

Для решения задачи повышения объективности оценки уровня заболеваемости городского населения на основе геоинформационных систем предложен подход ранжирования и картографирования данных по 11 зонам обслуживания детских поликлиник и 16 зонам обслуживания взрослых поликлиник, так как большинство населения обслуживаются в медицинских организациях по территориальному принципу.

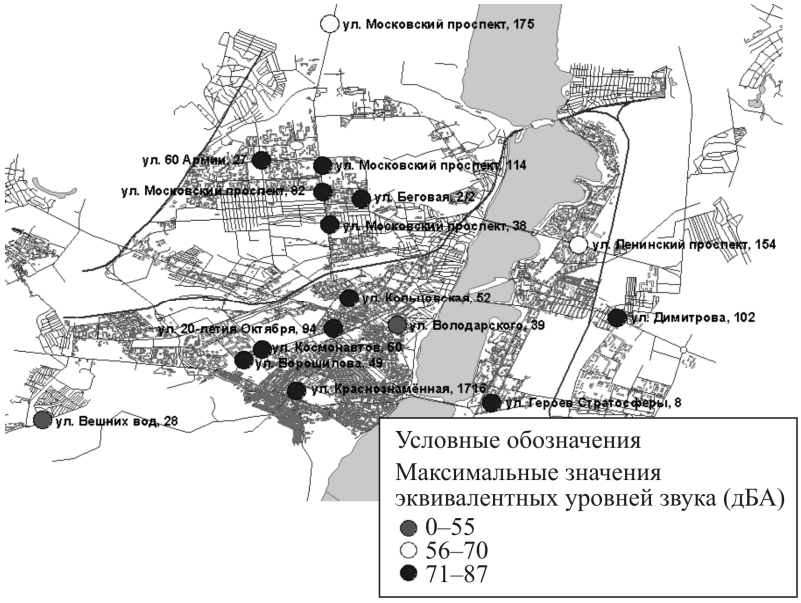


Рис. 2. Максимальные значения эквивалентного уровня звука (дневного) ($L_{Аэкв.}$)

При расчете СМУ общей заболеваемости детей установлено, что он значительно варьируется по отдельным внутригородским территориям – от 928,05 ± 39,08 до 1861,46 ± 106,53 случая заболеваний на 1000 детей, при этом по отдельным территориям по отношению к 2014 г. наблюдаются как тенденции увеличения уровня (три территории), так и тенденции снижения (восемь территорий).

С использованием компьютерной программы, реализующей проверку на однородность исходных данных, построена пятиуровневая оценочная шкала, проведено ранжирование и картографирование показателей (табл. 2).

Таблица 2

Оценочная шкала для ранжирования показателей общей заболеваемости детей

Уровень заболеваемости*	Диапазон показателей (случаев на 1000 детей до 14 лет)
Низкий	Менее 977,39
Ниже среднего	От 977,39 до 1147,24
Средний	От 1147,25 до 1406,95
Выше среднего	От 1406,96 до 1656,80
Высокий	Более 1656,80

Примечание: * низкий (от M–σ и ниже), ниже среднего (от M–σ до M–0,5σ), средний (от M–0,5σ до M+0,5σ), выше среднего (от M+0,5σ до M+σ), высокий (M+σ и выше).

Аналогичный подход электронного картографирования был использован для классов болезней, которые этиологически, вероятно, связаны с воздействием техногенных факторов городской среды обитания.

Установлено, что из 12 внутригородских территорий по уровню заболеваемости детей болезнями органов дыхания к территориям риска (высокий уровень заболеваемости) отнесены три территории (СМУ 1016,0–1154,9 случаев заболева-

ний на 1000 детей); по болезням пищеварения – две (64,59–75,29); мочеполовой системы – одна (75,79); врожденным аномалиям – две (29,22–33,84); болезням крови и кроветворным органам – одна (20,80).

При сопоставлении данных об уровне заболеваемости детей с показателями состояния окружающей среды и связанного с ним риска для здоровья в ряде случаев (общая заболеваемость, болезни органов дыхания, врожденные аномалии) прослеживается совпадение территорий риска.

По результатам исследования разработан алгоритм применения геоинформационных систем для обеспечения гигиенической безопасности населения (рис. 3).

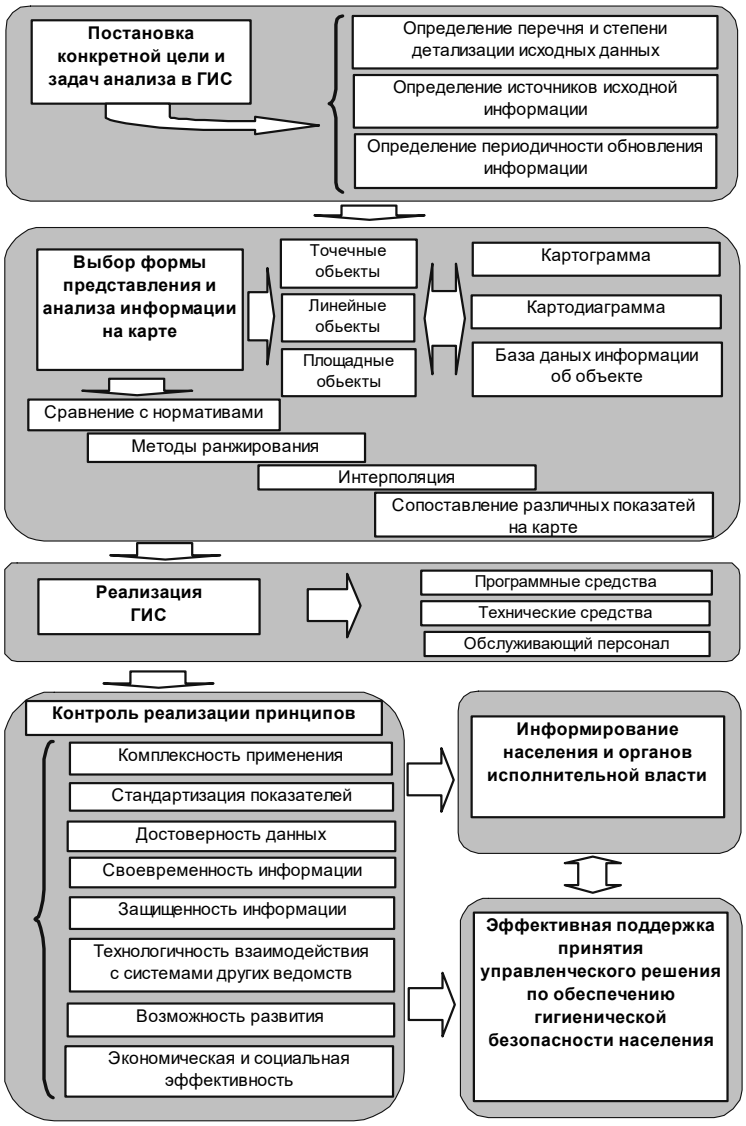


Рис. 3. Алгоритм применения геоинформационных систем для обеспечения гигиенической безопасности населения

Повышение объективности результатов социально-гигиенического мониторинга основывается на реализации совокупности принципов эффективного использования и развития геоинформационных систем для решения задач обеспечения гигиенической безопасности населения, к которым отнесены: комплексность применения, стандартизация показателей, достоверность исходных данных, своевременность и защищенность информации, технологичность взаимодействия с системами других ведомств, возможность развития, экономическая и социальная эффективность.

На основании полученных результатов исследования разработано и внедрено единое методическое и аппаратно-программное обеспечение ведения СГМ на региональном уровне в части использования информационных технологий для автоматизированного сбора, межведомственного обмена и анализа данных, а также настройки и эксплуатации ГИС; что позволило расширить информационный фонд СГМ, усовершенствовать механизмы межведомственного взаимодействия для обоснования приоритетных профилактических мер и принятия управленческих решений по оптимизации городской среды обитания и снижению риска заболеваемости населения.

По результатам наших исследований приоритет в комплексе мероприятий по обеспечению гигиенической безопасности городского населения с учетом выявленных региональных особенностей состоит в необходимости снижения воздействия выбросов загрязняющих веществ и шумового фактора от автомобильного транспорта, что может быть решено реализацией грамотных градостроительных решений, обоснованных с санитарно-гигиенических позиций по результатам количественной оценки риска для здоровья населения.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках проекта РНФ № 20-17-00172 «Урбоэкодиагностика состояния воздушной среды крупных промышленных городов Центрального Черноземья: воздействие шумового фактора, канцерогенные риски и обеспечение экологической безопасности».

Список литературы

1. Нормативно-правовые и методические аспекты интеграции социально-гигиенического мониторинга и риск-ориентированной модели надзора / А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 1. – С. 4–12.

2. 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.

3. Студеникина Е.М., Стёпкин Ю.И., Клепиков О.В. Проблемные вопросы использования географических информационных систем в социально-гигиеническом мониторинге и риск-ориентированном надзоре // Здоровье населения и среда обитания. – 2019. – № 6 (315). – С. 31–36.

Математическая модель изменения гигиенического риска, обусловленного питьевым употреблением воды, в ходе ее подготовки

А.В. Косарев, Д.Е. Иванов, К.А. Савина

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

Предложен подход к количественной оценке санитарно-гигиенической безопасности питьевой воды, прошедшей водоочистку в фильтрующих системах, как функции структурных характеристик адсорбента и физико-химических условий протекания процесса, позволяющий рационализировать процесс аудирования санитарно-гигиенической безопасности водоподготовки. В качестве количественной меры уровня санитарно-гигиенической безопасности нами применялся коэффициент *E*, представляющий собой вероятность отсутствия ущерба здоровью человека вследствие поступления в его организм веществ при употреблении воды, не прошедшей адсорбционную очистку.

Ключевые слова: гигиена, вода, безопасность, математическое моделирование, структура адсорбента.

Ведущую роль при оценке уровня гигиенической безопасности загрязненных природных объектов играет величина гигиенического риска *R*, определяемая как вероятность негативного воздействия на организм человека, как функция техногенных параметров, в данном случае концентраций загрязняющих компонентов в воде[1]. В ходе адсорбции загрязняющих компонентов в фильтрующей системе происходит снижение содержания загрязнителей в воде и повышение величины ее гигиенической безопасности. Этот процесс изменения гигиенического состояния очищаемой воды может быть представлен схемой

$$W(E_0) \overset{Ads}{\rightarrow} W(E_a), \qquad (1)$$

где $W(E_0)$ – вода до очистки, обладающая коэффициентом санитарно-гигиенической безопасности E_0; $W(E_a)$ – вода после адсорбционной очистки, обладающая коэффициентом санитарно-гигиенической безопасности E_a.

В ходе процесса адсорбции происходит снижение концентрации загрязняющего компонента в воде и повышение, таким образом, уровня ее санитарно-гигиенической безопасности.

В качестве количественной меры уровня санитарно-гигиенической безопасности нами применялся коэффициент *E*, представляющий собой вероятность отсутствия ущерба здоровью человека вследствие поступления в его организм веществ

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

канцерогенной и неканцерогенной активности при употреблении воды, не прошедшей адсорбционную очистку.

При достижении максимальной степени очистки эта величина выходит на постоянное значение. Этот процесс может быть описан уравнением

$$\frac{dE}{dt} = KE - \frac{K}{L}E^2. \quad (2)$$

Величина K характеризует скорость возрастания экологической безопасности, L определяет наибольший уровень гигиенической безопасности воды в условиях адсорбционной очистки с помощью данной фильтрующей загрузки и определяется структурными характеристиками адсорбента, величиной его адсорбционной емкости, константой равновесия адсорбционного процесса, содержанием загрязнителя в воде.

Преобразовываем данное соотношение, умножая левую и правую части на L и разделив на $(L - E)$, к виду:

$$L\frac{dE}{(L-E)E} = Kdt. \quad (3)$$

Учитывая, что $\frac{L}{(L-E)E} = \frac{1}{E} + \frac{1}{L-E}$,

тогда получаем соотношение:

$$\left(\frac{1}{E} + \frac{1}{L-E}\right)dE = Kdt. \quad (4)$$

Интеграл от (4) имеет вид:

$$\int\frac{dE}{E} + \int\frac{dE}{L-E} = Kt. \quad (5)$$

Интегрирование (5) приводит к соотношению:

$$\frac{E}{L-E} = C\exp(Kt). \quad (6)$$

Для определения константы интегрирования воспользуемся краевым условием, заключающимся в том, что значение уровня гигиенической безопасности до фильтрования известно и равно E_0:

$$E_{|t=0} = E_0. \quad (7)$$

Подставляя данную величину в соотношение (7), получаем:

$$\frac{E_0}{L-E_0} = C. \quad (8)$$

С учетом выражения (8) величина функции гигиенической безопасности меняется в ходе процесса адсорбционной очистки следующим образом:

$$E_a = \frac{LE_0 \exp(K\tau_a)}{L - E_0 + \exp(K\tau_a)}, \tag{9}$$

где τ_a – продолжительность адсорбции.

Максимально возможная достижимая величина уровня гигиенической безопасности в ходе водоочистки определяется соотношением:

$$\lim_{t\to\infty} E = L. \tag{10}$$

А величина гигиенического риска R_a снижается в процессе водоочистки согласно соотношению:

$$R_a = 1 - E_a. \tag{11}$$

В соответствии с соотношением (9) величина R_a определяется так:

$$R_a = 1 - \frac{LE_0 \exp(K\tau_a)}{L - E_0 + \exp(K\tau_a)}. \tag{12}$$

Величина L является функцией структурных характеристик адсорбента, величины его адсорбционной емкости, константы равновесия адсорбционного процесса, содержания загрязнителя в воде. При этом уровень гигиенической безопасности зависит от физико-химической природы адсорбента, модификатора и адсорбата, так что с изменением равновесной концентрации адсорбата в фазе адсорбента эта характеристика изменяется по соотношению:

$$\frac{dE_a}{dc_a} = K^2 c_a, \tag{13}$$

где K – константа равновесного процесса связывания адсорбента с адсорбатом.

Модификация адсорбента повышает величину константы связывания и, как следствие, увеличивает величину E_a. Из вида изотермы адсорбции Ленгмюра следует, что доля поверхности адсорбента, занятая адсорбатом, определяется соотношением:

$$\Theta = \frac{Kc}{1 + Kc}. \tag{14}$$

Отсюда величина равновесной концентрации адсорбтива в растворе может быть представлена так:

$$c = \frac{\Theta}{(1 - \Theta)K}, \tag{15}$$

тогда равновесная концентрация адсорбата будет определяться соотношением:

$$c_a = c_0 - \frac{\Theta}{(1 - \Theta)K}, \tag{16}$$

где c_0 – начальная концентрация адсорбтива в растворе.

Дифференцируя соотношение (16), получаем:

$$dc_a = d\left(c_0 - \frac{\Theta}{(1-\Theta)K} \right) = -\frac{1}{K} d\left(\frac{\Theta}{(1-\Theta)} \right). \quad (17)$$

Преобразовывая соотношение (28), получаем:

$$d\left(\frac{\Theta}{(1-\Theta)} \right) = \frac{1}{(1-\Theta)^2}. \quad (18)$$

Подставляя (18) в (17), получаем:

$$dc_a == -\frac{1}{K} \frac{1}{(1-\Theta)^2} d\Theta. \quad (19)$$

С учетом соотношения (19) выражение (13) можно записать так:

$$K(1-\Theta^2) \frac{dE_a}{d\Theta} = K^2 \left(c_0 - \frac{\Theta}{(1-\Theta)K} \right). \quad (20)$$

Решая это дифференциальное уравнение, получаем функцию E_a (Θ):

$$E_a(\Theta) = \frac{1}{2} K c_0 \lg \frac{1+\Theta}{1-\Theta} + \lg(1-\Theta) + \Theta + const. \quad (21)$$

Постоянную интегрирования *const* определяем из краевого условия:

$$E(\Theta)_{|\Theta=0} = E_0, \quad (22)$$

То есть в условиях незаполненной поверхности адсорбента, когда адсорбтив находится в водной фазе, уровень гигиенической безопасности системы равен таковому E_0 в воде до очистки.

Тогда из соотношения (22) следует, что константа интегрирование определяется так:

$$\text{const} = E_0. \quad (23)$$

Соотношение (21) с условием (23) принимает окончательный вид:

$$E_a(\Theta) = E_0 + \frac{1}{2} K c_0 \lg \frac{1+\Theta}{1-\Theta} + \lg(1-\Theta) + \Theta. \quad (24)$$

Соотношение (24) позволяет определить коэффициент гигиенической безопасности воды, прошедшей фильтрующую загрузку на основе алюмосиликатного адсорбента, по отношению к загрязняющему компоненту, формирующему в структуре адсорбента мономолекулярные слои адсорбата. Как правило, к таким загрязняющим компонентам относятся ионы переходных металлов, такие как Fe^{3+}, Pb^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+}, Cr^{3+} и другие.

Настоящая модель позволяет оценивать уровень гигиенической безопасности питьевой воды, поступающей из централизованных и нецентрализованных источников водоснабжения.

Объемно-пространственное распределение постоянного магнитного поля в кабинетах магнитно-резонансной терапии

А.В. Кравцов, Е.П. Сарапина, Т.В. Захаренко, И.В. Соловьева

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

Представлены результаты исследований и полученные математические модели объемно-пространственного распределения индукции постоянного магнитного поля в диагностических помещениях кабинетов МРТ.

Ключевые слова: объемно-пространственное распределение постоянного магнитного поля, кабинеты магнитно-резонансной томографии, математические модели.

Одной из основных задач медицины труда в условиях развития новых технологий является снижение риска воздействия факторов производственной среды на работающих. Магнитно-резонансная томография (далее – МРТ) – один из самых современных и высокотехнологичных методов диагностики, позволяющий изучить практически любую систему организма [2]. Важнейшей характеристикой аппаратов МРТ является качественная визуализация внутренних органов человека за счет высоких уровней индукции постоянного магнитного поля.

По результатам исследований условий труда медицинских работников, занятых в кабинетах МРТ, проведенных в том числе нашим центром [1, 2], установлено, что во время нахождения в диагностической кабинетов МРТ медицинские работники и обслуживающий персонал подвергаются воздействию постоянного магнитного поля, превышающего предельно допустимые уровни от 10 до 100 раз. Наличие профессионального риска для данной категории работников обусловлено производственной необходимостью.

В соответствии с международными правилами безопасности (Директива ЭМП 2013/35/ЕС) [3] для защиты работников необходимо проводить оценку рисков всех рабочих мест в соответствии с требованиями директивы ЭМП. В основе закрепленных указанными директивами физических величин, величин предельно допустимого воздействия и рабочих уровней лежат рекомендации Международной комиссии по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP).

С целью разработки метода оценки риска здоровью медицинского персонала и корректной оценки воздействия постоянного магнитного поля в диагностических помещениях кабинетов МРТ проведены инструментальные исследования в зонах пребывания персонала, выполняющего диагностические обследования пациентов. Измерения проводились в медицинских учреждениях г. Минска с помощью миллитесламетра ТП2-2У.

При проведении исследований определена зона, за пределами которой наблюдаются уровни постоянного магнитного поля, равные предельно допустимым. Для получения полной картины и математической модели распределения индукции

постоянного магнитного поля в помещении с достоверными показателями аппроксимации определены зоны с уровнями магнитной индукции 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 20,0; 30,0 мТл. Зоны с уровнями 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0 мТл были выбраны в соответствии с рекомендациями производителей аппаратов МРТ. Зоны с уровнями 20 и 30 мТл являются предельно допустимыми уровнями воздействия на человека при восьмичасовой рабочей смене постоянного магнитного поля в течение не более 60 и 10 мин соответственно. Кроме того, в исследования была включена зона с уровнем индукции постоянного магнитного поля 0,5 мТл, так как данный уровень является безопасным для с людей, использующих кардиостимуляторы для поддержания нормальной работы сердечно-сосудистой системы. Определение расстояния до границ зон проводилось у аппаратов МРТ с номинальным рабочим уровнем магнитной индукции постоянного магнитного поля 1,5 и 3,0 Тл.

На основании полученных данных оценены регрессионные связи уровней индукции постоянного магнитного поля и расстояний между передней панелью аппарата МРТ и границами зон с уровнями от 0,5 до 30 мТл и составлено уравнение регрессии в следующем виде:

$$S = 2{,}1644 - 0{,}0618 \cdot H_i,$$

где H_i – уровень воздействия постоянного магнитного поля, мТл; S – расстояние от передней панели аппарата МРТ до границы зоны с уровнем воздействия постоянного магнитного поля H_i, мТл.

Полученное уравнение является статистически значимым, уровень аппроксимации $R^2 = 0{,}667$ при $p < 0{,}05$. Увеличение расстояния до передней панели аппарата МРТ и уменьшения уровней воздействия постоянного магнитного поля свидетельствуют об обратно пропорциональной средней корреляционной связи данных показателей. Кроме того, проведена оценка регрессионной зависимости непосредственно значений уровней воздействия постоянного магнитного поля от расстояний между передней панелью аппарата МРТ и границами зон с уровнями от 0,5 до 10 мТл и составлено уравнение регрессии в следующем виде:

$$S = 2{,}188 - 0{,}13 \cdot H_i,$$

где H_i – уровень воздействия постоянного магнитного поля, мТл; S – расстояние от передней панели аппарата МРТ до границы зоны с уровнем воздействия постоянного магнитного поля H_i, мТл.

Полученное уравнение является статистически значимым, уровень аппроксимации $R^2 = 0{,}785$ при $p < 0{,}05$. Увеличение расстояния до передней панели аппарат МРТ и уменьшение уровней воздействия постоянного магнитного поля свидетельствуют об обратно пропорциональной сильной корреляционной связи данных показателей.

Осуществлена аналогичная оценка регрессионной зависимости непосредственно значений уровней воздействия постоянного магнитного поля от расстояний между боковой панелью аппарата МРТ и границами зон с уровнями от 0,5 до 10 мТл и составлено уравнение регрессии в следующем виде:

$$S = 1{,}696 - 0{,}1314 \cdot H_i,$$

где H_i – уровень воздействия постоянного магнитного поля, мТл; S – расстояние от боковой панели аппарата МРТ до границы зоны с уровнем воздействия постоянного магнитного поля H_i, мТл.

Полученное уравнение является статистически значимым, уровень аппроксимации $R^2 = 0{,}959$ при $p < 0{,}05$. Увеличение расстояния до боковой панели аппарата МРТ и уменьшение уровней воздействия постоянного магнитного поля свидетельствуют об обратно пропорциональной сильной корреляционной связи данных показателей.

Следует отметить, что полученные математические модели применимы только при оценке уровня индукции постоянного магнитного поля аппаратов МРТ с номинальным уровнем 1,5 мТл.

Результаты полученных математических моделей позволяют без проведения инструментальных измерений определять расстояния от корпуса аппаратов МРТ до границ зон с заданными уровнями магнитной индукции постоянного магнитного поля и оценивать объемно-пространственное распределение постоянного магнитного поля на рабочих местах в диагностических помещениях кабинетов МРТ.

Список литературы

1. Казей Э.К. Комплексная гигиеническая оценка условий труда медицинских работников, занятых в кабинетах магнитно-резонансной томографии // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. Г.Е. Косяченко. – Минск, 2013. – Вып. 23. – С. 29–33.

2. Требования к условиям труда медицинских работников, занятых в кабинетах магнитно-резонансных томографов: санитар. нормы и правила / утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 21 янв. 2013 г. № 7. – Минск: ГУ РЦГЭиОЗ, 2013. – 20 с.

3. Directive 2013/35/Eu of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16 (1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC [Электронный ресурс]. – URL: https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/directive-2013-35-eu-electromagnetic-fields (дата обращения: 03.12.2019).

Прототип раздела эпидемиологического атласа «Мониторинг заболеваемости COVID–19»

Г.Г. Побединский, С.А. Сарсков, М.В. Вьюшков

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени академика И.Н. Блохиной», г. Нижний Новгород, Россия

Новые реалии времени, пандемическое распространение новой коронавирусной инфекции обусловили начало проведения в институте экспериментальной работы по организации и осуществлению в оперативном режиме картографического учета данных по мониторингу COVID-19 на основе ГИС-технологий.

Ключевые слова: эпидемиологическая ситуация, эпидемиологический анализ, картографический учет.

Геоинформационное обеспечение мониторинга инфекционных болезней является одним из приоритетных научных направлений Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор). Опыт создания и эксплуатации электронного эпидемиологического атласа Приволжского федерального округа («Эпидемиологический атлас ПФО») подтвердил актуальность этого направления для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и востребованность результатов практическим звеном санэпидслужбы [1, 10].

В целях эффективного использования имеющегося опыта разработки и применения ГИС «Эпидемиологический атлас ПФО», дальнейшего ее совершенствования, расширения функций для применения в других федеральных округах специалисты лаборатории ГИС-технологий и биоинформатики ФБУН ННИИЭМ имени академика И.Н. Блохиной Роспотребнадзора (лаборатория ГИС-технологий) в 2019 г. приступили к выполнению НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса “Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации”» (ГИС «Эпидемиологический атлас России») [1, 2, 7].

В соответствии с Концепцией создания ГИС «Эпидемиологический атлас России» предусмотрено два уровня реализации системы: окружной и федеральный и, соответственно, разработка двух подсистем. Подсистема ГИС «Эпидемиологический атлас России. Территория федерального округа» разрабатывается в рамках действующей НИР в соответствии с Отраслевой научно-исследовательской программой Роспотребнадзора на 2016–2020 гг. «Проблемно-ориентированные научные исследования в области эпидемиологического надзора за инфекционными и паразитарными болезнями». Разработка подсистемы ГИС «Эпидемиологический атлас России. Территория Российской Федерации» предполагается в рамках новой НИР в соответствии с Отраслевой научно-исследовательской программой Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. [8]. Аналитический аппарат действующей ГИС «Эпидемиологический атлас ПФО» и проектируемой ГИС «Эпидемиологический атлас России» основан на наиболее часто встречающемся в эпидемиологии методе ретроспективного анализа случаев инфекционной заболеваемости, фиксируемых в системе федерального статистического наблюдения. К сожалению, этот метод слабо применим для анализа текущего эпидемического процесса, такого как обострение ситуации с заражением геморрагической лихорадкой с почечным синдромом (ГЛПС) в Приволжском федеральном округе в 2019 г., ситуации с пандемией короновируса COVID-19 в 2019–2020 гг. В настоящей статье кратко рассмотрены экспериментальные работы по оперативному мониторингу заболеваемости COVID-19 в Нижегородской области.

В соответствии с обращением заместителя руководителя Управления Роспотребнадзора по Нижегородской области Н.А. Садыковой № 52-00-08/06-3696-2020 от 13.05.2020 лаборатория ГИС-технологий в рамках НИР по созданию ГИС «Эпидемиологический атлас России» приступила к экспериментальной работе по организации и проведению картографического учета в геоинформационной системе инфицированных COVID-19 лиц по месту жительства (без указания квартир) в оперативном режиме. Институт дополнительно проинформировал Управление о необходимости направлять сформированные данные на электронную почту лаборатории ГИС-технологий и биоинформатики lab.gis@nniiem.ru в формате Microsoft Excel для оперативного учета.

В настоящее время завершена разработка прототипа раздела эпидемиологического атласа «Мониторинг заболеваемости COVID-19» и осуществляется размещение данных, предоставляемых Управлением. Размещены данные о 24,7 тыс. инфицированных COVID-19 по Нижегородской области, в том числе в январе – 2, в феврале – 2, в марте 141, в апреле – 2446, в мае – 946, в июне – 17 414, в июле – 3712. Ввод данных, представляемых Управлением, продолжается (доступ к прототипу раздела атласа: http://epid-atlas.nniiem.ru/atlas3/).

В локальную базу данных «Мониторинг заболеваемости COVID-19» включены следующие данные: координаты места нахождения инфицированного, описание места локализации, включающее наименование области, района, населенного пункта, улицы, эпидномер, дату заболевания и дату подтверждения. Координаты места нахождения инфицированного определяются по почтовому адресу (без указания квартир) с использованием функции геокодирования. Визуализация данных осуществляется с использованием модуля картографического отображения для работы с базой данных на основе библиотеки Leaflet.js., которая является программным обеспечением с открытым исходным кодом. Функциональность модуля была протестирована на основных современных браузерах: Firefox, Chrome, Safari, Opera, IE9+, Android and iOS. В качестве картографической основы используются открытые картографические сервисы OpenStreetMap и GRAY.

Модуль картографического отображения позволяет осуществить выбор картографической основы, выбор месяца (или группы месяцев), изменение масштаба отображения, группировку инфицированных при уменьшении масштаба, вывод на экран справочной информации при нажатии на условное обозначение инфицированного, вывод на экран названия района (функция востребована при увеличении масштаба отображения). Примеры работы прототипа раздела эпидемиологического атласа «Мониторинг заболеваемости COVID-19» приведены на рис. 1, 2.

В соответствии с поручением А.Ю. Поповой от 05.06.2020 о проведении мониторинга и анализа эпидситуации по заболеваемости COVID-19 подготовлены предложения по дополнению содержания планируемых на 2021–2025 гг. работ в рамках НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса “Эпидемиологический атлас Российской Федерации. Территория Российской Федерации”» разработкой дополнительного тематического раздела атласа «Мониторинг заболеваемости COVID-19».

При этом в рамках действующей в 2019–2020 гг. НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса “Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации. Территория федерального округа”» проработать с Управлениями Роспотребнадзора по субъектам Российской Федерации в Приволжском федеральном округе вопрос координации представления информации об инфицированных COVID-19 лицах по согласованной форме.

Применение ГИС является весьма эффективным инструментом обеспечения мониторинга здоровья населения. На сегодняшний день существует ряд работ по визуальному (картографическому) отображению ситуации, связанной с COVID-19 (рис. 3). Одним из ярких примеров является работа европейского бюро ВОЗ «Ситуация с COVID-19 в Европейском регионе ВОЗ» [9].

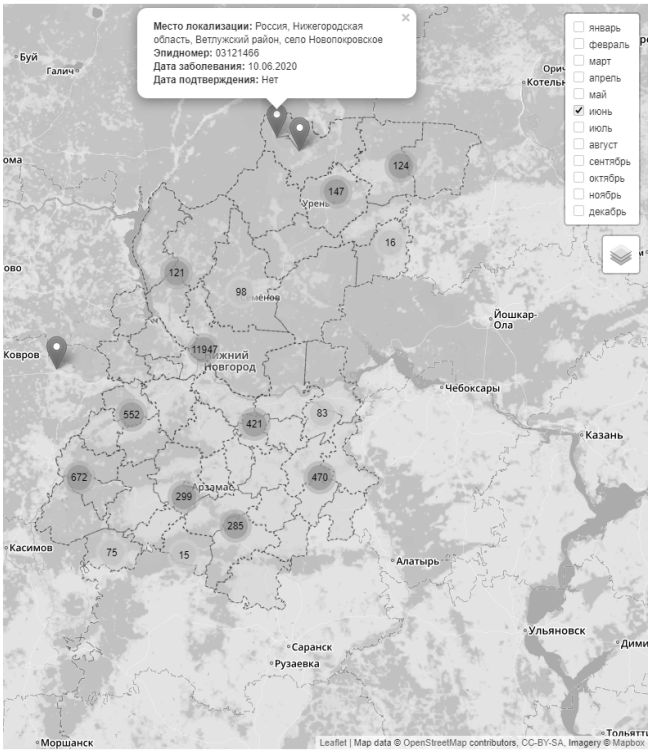


Рис. 1. Пример картографического отображения заболеваемости COVID-19 в июне 2020 г. по Нижегородской области



Рис. 2. Пример картографического отображения заболеваемости COVID-19 в январе–июне 2020 г. по Балахнинскому району Нижегородской области

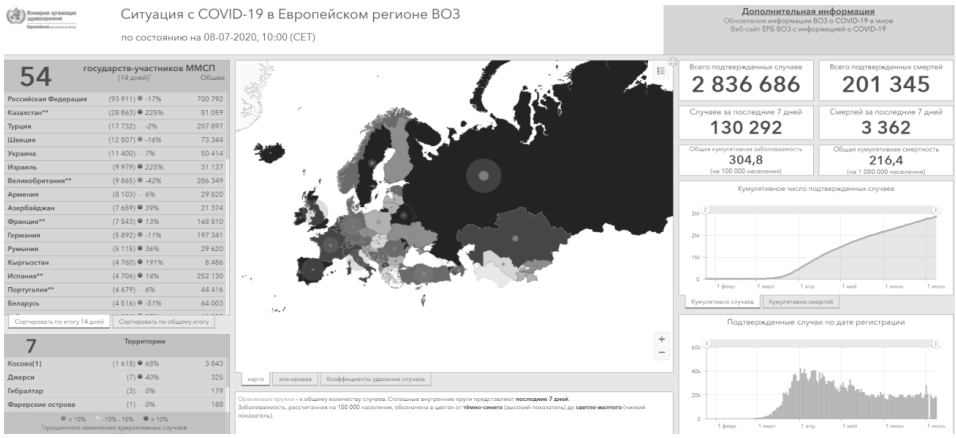


Рис. 3. Пример картографического отображения заболеваемости COVID-19 на сайте европейского бюро ВОЗ [9]

Территориальный охват – страны Европы. Система условных знаков на тематической карте в основном представлена привязанными к государственным границам площадными условными знаками в виде заливок различного цвета и интенсивности и пунсонами различного диаметра в центре региона. При наведении курсора на конкретный регион подсвечивается граница и всплывает наименование страны и краткая информация по заболеваемости в целом по стране из легенды карты.

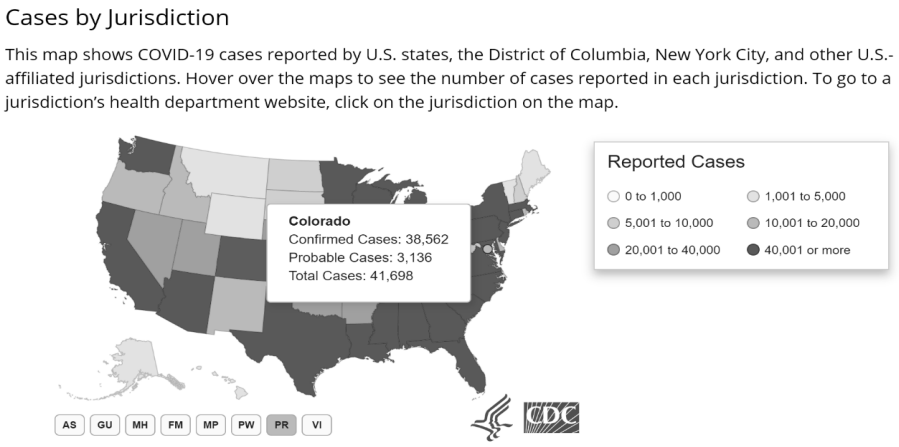
Другим примером является картографическое представление случаев заболеваний и смерти в США на официальном сайте Центров по контролю и профилактике заболеваний Министерства здравоохранения и социальных услуг США (Centers for Disease Control and Prevention (CDC) of the U.S. Department of Health and Human Services) (рис. 4) [11].

На этих картах показаны случаи заболевания и смерти от COVID-19, о которых сообщили штаты: округ Колумбия, Нью-Йорк и другие юрисдикции, связанные с США. При наведении курсора на конкретный штат, всплывает число случаев заболевания и случаев смерти, зарегистрированных в каждой юрисдикции.

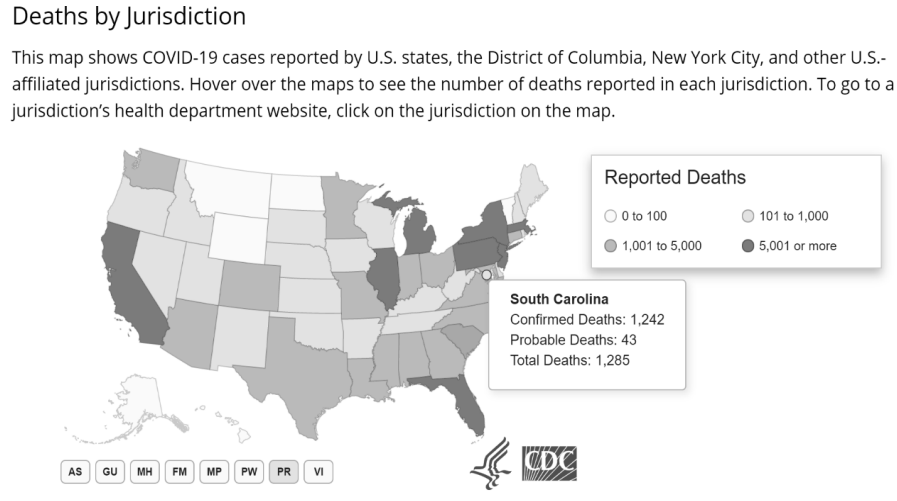
Среди отечественных примеров отображения ситуации, связанной с COVID-19, необходимо отметить работу сайта «Яндекс-карты» «Карта распространения коронавируса в России и мире» (рис. 5) [4].

Территориальный охват – страны мира и регионы России. Система условных знаков на тематической карте в основном представлена привязанными к государственным и региональным границам точечными условными знаками в виде пунсонов различного диаметра в центре региона. При наведении курсора на конкретный пунсон региона всплывает наименование страны / региона и краткая информация по числу заболевших, выздоровевших и умерших в целом по стране из легенды карты.

Аналогичная информация представлена на сайте «Коронавирус-монитор» – интерактивная карта распространения и статистики COVID-19 (рис. 6) [5].



а



б

Рис. 4. Пример картографического отображения на сайте CDC (США) [11]:
а – заболеваемости COVID-19; *б* – смертности от COVID-19

Примером картографического отображения обобщенного количества случаев заражения COVID-19 по административно-территориальным единицам Российской Федерации является онлайн-карта распространения коронавируса по городам и районам Нижегородской области, представленная на сайте газеты «Нижегородская правда» (рис. 7) [6].

Территориальный охват – Нижегородская область. Система условных знаков на тематической карте представлена привязанными к административным границам точечными условными знаками в виде пунсонов различного диаметра в центре региона. При наведении курсора на конкретный пунсон региона всплывает наименование региона и количество подтвержденных случаев COVID-19.

Аналогичная информация представлена на сайте в городе *N* (рис. 8) [3].

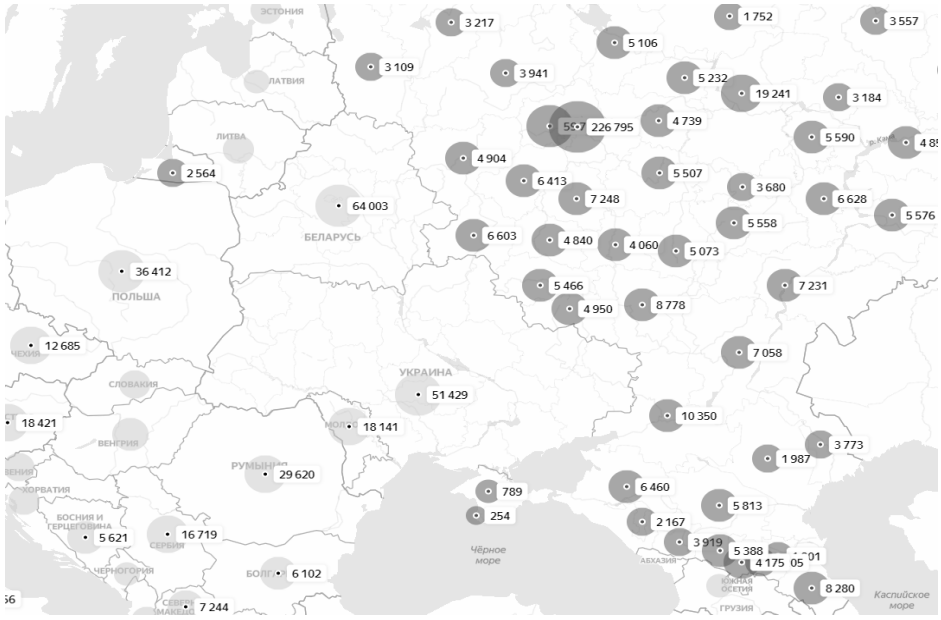


Рис. 5. Пример картографического отображения заболеваемости COVID-19 на сайте «Яндекс-карты» [4]



Рис. 6. Пример картографического отображения заболеваемости COVID-19 на сайте «Коронавирус-монитор» [5]

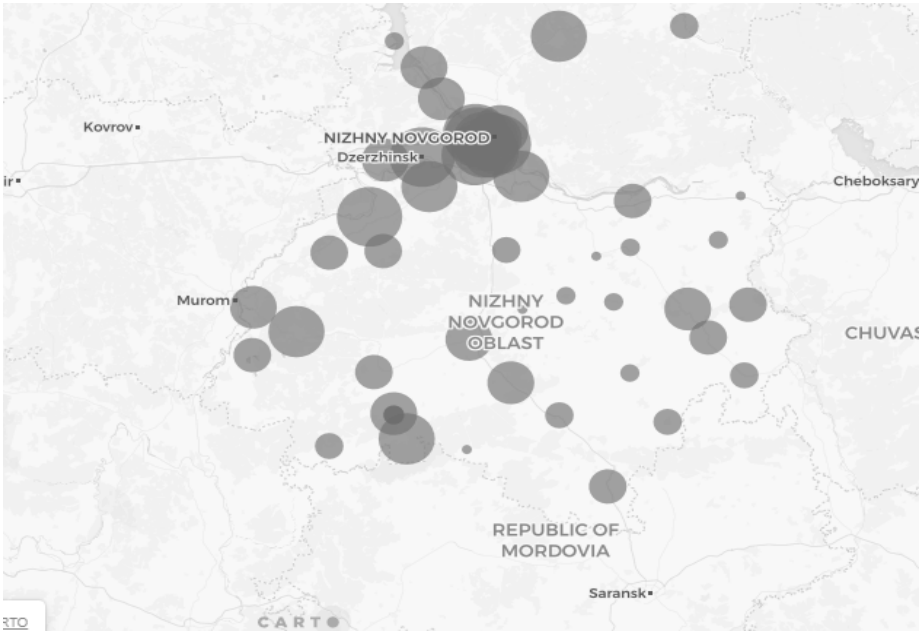


Рис. 7. Пример картографического отображения заболеваемости COVID-19 на сайте газеты «Нижегородская правда» [6]

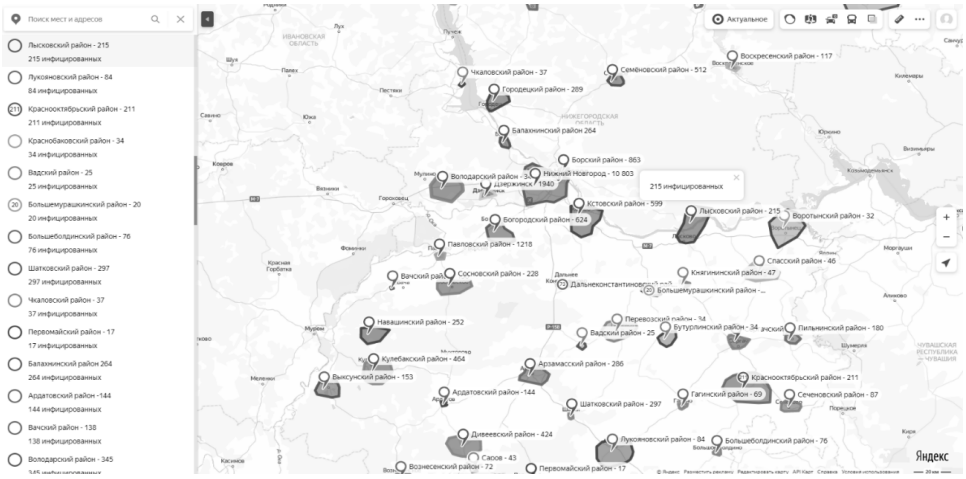


Рис. 8. Пример картографического отображения заболеваемости COVID-19 на сайте в городе *N* [3]

Все представленные примеры объединяет способ предоставления информации, а именно отображение на картографической основе общего количество случаев заболевания в стране, регионах страны или административно-территориальных образованиях. Отличительной особенностью разрабатываемого в рамках ГИС «Эпидемиологический атлас Российской Федерации» тематического раздела атласа

«Мониторинг заболеваемости COVID-19» является предоставление информации с детализацией до улицы и дома, что дает возможность оценивать эпидемиологическую ситуацию в конкретной местности, знать активные эпидемиологические очаги и проводить на основе оперативного эпидемиологического анализа необходимые санитарно-эпидемиологические мероприятия.

Список литературы

1. Ершов В.И., Ефимов Е.И., Побединский Г.Г. Опыт разработки и ведения ГИС «Электронный эпидемиологический атлас Приволжского федерального округа» // Здоровье населения и среда обитания. – 2019. – № 8 (317). – С. 11–19. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-317-8-11-19

2. Ефимов Е.И., Побединский Г.Г. О новой концепции эпидемиологического атласа // Великие реки’2018: 20-й Международный научно-промышленный форум: труды научного конгресса: в 3 т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. – Т. 1. – С. 304–309.

3. Карта заразившихся коронавирусом в Нижегородской области [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vgoroden.ru/mesta/mesto/karta-zarazivshihsya-koronavirusom-v-nizhegorodskoy-oblasti (дата обращения: 24.07.2020).

4. Карта распространения коронавируса в России и мире [Электронный ресурс]. – URL: https://yandex.ru/maps/covid19?ll=41.775580%2C54.894027&z=3 (дата обращения: 24.07.2020).

5. Коронавирус-монитор – интерактивная карта распространения и статистика Covid-19 [Электронный ресурс]. – URL: https://coronavirus-monitor.info/ (дата обращения: 24.07.2020).

6. Онлайн-карта распространения коронавируса по городам и районам Нижегородской области [Электронный ресурс]. – URL: https://pravda-nn.ru/news/opublikovana-onlajn-karta-rasprostraneniya-koronavirusa-po-gorodam-i-rajonam-nizhegorodskoj-oblasti/ (дата обращения: 24.07.2020).

7. Побединский Г.Г., Сарсков С.А. Медицинская география. Современное состояние и направления развития // Великие реки’2019: 21-й Междунар. науч.-пром. форум: труды научного конгресса: в 3 т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2019. – Т. 1. – С. 272–281.

8. Разработка методических подходов к созданию ГИС «Эпидемиологический атлас России»: отчет о НИР (промежут.) / Е.И. Ефимов Г.Г. Побединский, В.И. Ершов, М.В. Вьюшков, С.А. Сарсков, Ю.Р. Белых. – Н. Новгород: ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной, 2019. – 116 с.

9. Ситуация с COVID-19 в Европейском регионе ВОЗ [Электронный ресурс]. – URL: https://who.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/a19d5d1f86ee4d99b013eed5f637232d (дата обращения: 24.07.2020).

10. Электронный эпидемиологический атлас Приволжского федерального округа [Электронный ресурс]. – URL: http://epid-atlas.nniiem.ru/ (дата обращения: 24.07.2020).

11. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/cases-updates/cases-in-us.html (дата обращения: 24.07.2020).

Моделирование течения запыленного водуха в нижних дыхательных путях человека для задач оценки рисков здоровью

М.Ю. Цинкер

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

Исследован процесс вдыхания воздуха, содержащего взвешенные частицы (оксид алюминия). Рассматривается нестационарное течение и оседание газовзвеси в биологических каналах (крупных нижних воздухоносных путях человека). Расчеты параметров течения были выполнены с использованием программного продукта ANSYS CFX. Получены параметры течения газовой смеси с твердыми частицами различных размеров во время вдоха в различные моменты времени. Рассмотренные подходы могут быть применены для решения задач по оценке риска здоровью населения при ингаляторной экспозиции химических веществ.

Ключевые слова: математическая модель, течение воздуха, воздухоносные пути человека, взвешенные частицы.

В настоящее время доказано негативное воздействие на состояние здоровья неблагополучной санитарно-гигиенической обстановки [1, 7], в том числе – запыленности воздуха [11, 17]. Группой авторов разрабатывается многоуровневая математическая модель эволюции функциональных нарушений человеческого организма с учетом влияния внешнесредовых факторов. В многоуровневой модели организм человека представлен набором органов и систем (моделей мезоуровня), взаимосвязанных между собой. В рамках данной многоуровневой модели в настоящий момент разрабатываются подмодели мезоуровня респираторной [5], пищеварительной системы [3, 4], системы нейроэндокринной регуляции [9].

С интенсивным развитием средств и методов вычислительной газовой динамики при моделировании дыхательной системы особый интерес стали вызывать трехмерные модели течения воздуха, рассматриваемого как многокомпонентная смесь газов, движущаяся в каналах сложной формы [10, 13, 18–20]. Исследованию течения воздуха в верхних воздухоносных путях посвящены работы В.М. Фомина с соавт. [2, 8]. При моделировании воздействия взвешенных частиц на организм человека особый интерес вызывают модели переноса частиц в воздухоносных путях человека [14–16].

На предыдущих этапах разработки модели мезоуровня дыхательной системы сформулированы концептуальная и математическая постановки задачи, состоящей из нескольких подмоделей, учитывающие воздействие факторов среды обитания [5]. Математическая модель дыхательной системы состоит из подмодели движения воздуха в верхних воздухоносных путях, крупных нижних дыхательных путях, легких человека, подмодели газообмена через альвеолярно-капиллярную мембрану.

В данной статье рассматривается исследование нестационарного течения запыленного воздуха в крупных нижних воздухоносных путях человека и оседания твердых частиц различного размера в респираторном тракте для задач оценки рисков здоровью населения.

Исследование выполняется с использованием разработки трехмерной математической модели. Трехмерная геометрия крупных нижних воздухоносных путей была воссоздана с использованием литературных данных и консультаций с практикующими врачами. Вдыхаемый воздух представляет собой газовзвесь – многокомпонентную гомогенную смесь газов (несущая фаза) с твердыми частицами (несомая фаза). Течение газовзвеси описывается соотношениями механики сплошных сред. Нестационарность процесса дыхания задается с использованием периодических граничных условий по давлению. На стенке дыхательных путей задается условие прилипания (оседания) твердых частиц.

Характеристики взвешенных веществ являются входными начальными условиями для разрабатываемой трехмерной математической модели. В зависимости от видов промышленных производств, технологических процессов, используемого сырья различаются дисперсный и компонентный составы твердых частиц.

На рисунке приведен дисперсионный состав пыли в воздухе рабочей зоны машиностроительных производств, возникающей при механической обработке.

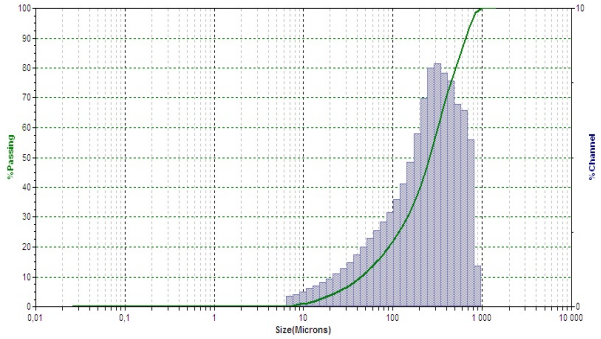
Большая часть взвешенных частиц (особенно относительно крупных) оседает в верхних воздухоносных путях, которые осуществляют защитную фильтрующую функцию, и затем выводятся из организма с помощью механизмов самоочищения [6].

В данной работе исследовалось течение воздуха, содержащего взвешенные частицы оксида алюминия размером PM_{10} (менее 10 мкм), и оседание частиц в крупных нижних дыхательных путях. Рассматривалось содержание твердых частиц во вдыхаемом воздухе на уровне норматива «предельно допустимых среднесуточных концентраций», который составляет 0,06 мг/м^3. Для определения концентрации взвешенных частиц, достигших входа в трахею, были использованы результаты, полученные с помощью модели *ICRP* [9]. С учетом принятого поправочного коэффициента концентрация взвешенных частиц в сечении входа в трахею принята равной 0,027 мг/м^3. Предполагается, что размер твердых частиц изменяется по нормальному закону распределения в интервале от 0 до 10 мкм.

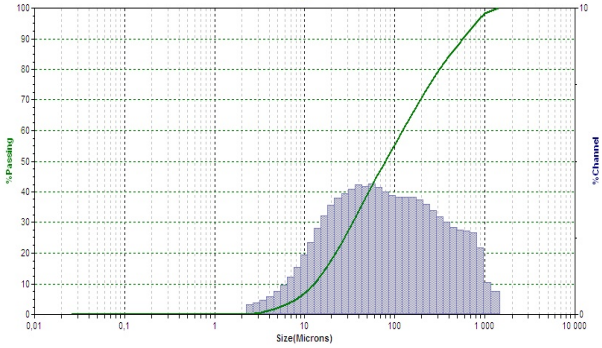
Расчеты нестационарного течения воздуха в крупных воздухоносных путях выполнены с использованием программного продукта ANSYS CFX. Определены характеристики течения газовзвеси с частицами оксида алюминия диаметром менее 10 мкм во время вдоха.

Установлено, что взвешенные частицы различного размера оседают в различных участках воздухоносных путей. Для частиц большего размера и массы (5–10 мкм) характерен инерционный механизм оседания, данные частицы оседают в трахее и главных бронхах, частицы размером 2,5–5 мкм – в долевых бронхах, частицы размером менее 2,5 мкм способны проникать более глубоко в воздухоносные пути и легкие человека. Полученные результаты хорошо согласуются с имеющимися литературными данными [6].

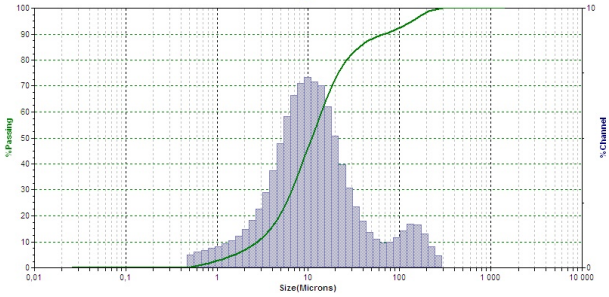
Попадая в легкие, взвешенные частицы способны в них накапливаться и оказывать негативное влияние на состояние здоровья человека, способствовать появлению заболеваний. Кроме того, полученные результаты могут быть использованы для решения задач по оценке риска здоровью человека от действия взвешенных частиц, осевших в нижних воздухоносных путях человека. Дальнейшее развитие модели предполагает совместное решение задач газодинамики в верхних и нижних воздухоносны путях, легких человека.



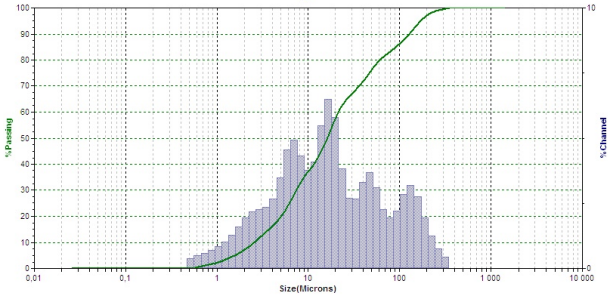
а



б



в



г

Рис. Гистограмма дисперсного состава пыли: *а* – от работы плоскошлифовального станка; *б* – от работы горизонтально-расточного станка; *в* – от работы наждака; *г* – от сваривания образца в среде углекислого газа

Список литературы

1. Измеров Н.Ф. Современные проблемы медицины труда России // Медицина труда и экология человека. – 2015. – № 2. – С. 5–12.

2. Исследование течения воздуха в носовой полости человека / В.М. Фомин, В.Н. Ветлуцкий, В.Л. Ганимедов, М.И. Мучная, В.Н. Шепеленко, М.Н. Мельников, А.А. Савина // Прикладная механика и техническая физика. – 2010. – Т. 51, № 2. – С. 107–115.

3. Камалтдинов М.Р. Трехмерное моделирование моторики антродуоденальной области пищеварительного тракта для задач оценки риска здоровью при пероральной экспозиции химических веществ // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 2. – С. 68–77.

4. Камалтдинов М.Р., Цинкер М.Ю., Чигвинцев В.М. Моделирование риска функциональных нарушений пищеварительной системы, обусловленного воздействием факторов образа жизни // Санитарный врач. – 2013. – № 9. – С. 67–69.

5. 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.

6. Пневмокониозы: патогенез и биологическая профилактика / Б.А. Кацнельсон, О.Г. Алексеева, Л.И. Привалова, Е.В. Ползик. – Екатеринбург: УрО РАМН, 1995. – 325 с.

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

8. Численное моделирование течения воздуха в носовой полости человека с имитацией применения клинического метода передней активной риноманометрии / В.М. Фомин, В.Л. Ганимедов, М.Н. Мельников, М.И. Мучная, А.С. Садовский, В.И. Шепеленко // Прикладная механика и техническая физика. – 2012. – Т. 53, № 1. – С. 58–66.

9. A mathematical model of the immune and neuroendocrine systems mutual regulation under the technogenic chemical factors impact / N.V. Zaitseva, D.A. Kiryanov, D.V. Lanin, V.M. Chigvintsev // Computational and Mathematical Methods in Medicine. – 2014. – Vol. 2014, ArticleID 492489. – 12 p.

10. Aerosol transport and deposition in sequentially bifurcating airways / J.K. Comer, C. Kleinstreuer, S. Hyun, C.S. Kim // J. Biomech. Eng. – 2000. – Vol. 122. – P. 152–158.

11. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities / D.W. Dockery, C.A. Pope III, X. Xu, J.D. Spengler, K.H. Ware, M.E. Fay, B.G. Ferris, F.E. Speizer // New. England. J. Med. – 1993. – Vol. 329. – P. 1753–1759.

12. Brain J.D., Valberg P.A. Models of lung retention based on the ICRP task group report // Arch. Environ. Health. – 1974. – Vol. 28, № 1. – P. 1–11.

13. Computational model of air flow in upper 17 generations of human respiratory tract / T. Gemci, V. Ponyavin, Y. Chen, H. Chen, R. Collins // J. Biomech. – 2008. – Vol. 41. – P. 2047–2054.

14. Cui X. CFD Study of the flow field and particle dispersion and deposition in the upper human respiratory system. – Heidelberg: Universität Heidelberg, 2012. – 176 p. DOI: 10.11588/heidok.00013457.

15. Lambert A.R. Regional deposition of particles in an image-based airway model: CFD simulation and left-right lung ventilation asymmetry. – Iowa: University of Iowa, 2010. – 68 p.

16. Muller P.A. Modeling of particle transport and deposition in the acinar region of the lung. – Les Loges-en-Josas: University of Paris-Est, 2011. – 189 p.

17. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults / C.A. Pope, M.J. Thum, M.M. Namboodiri, D.W. Dockery, J.S. Evans, F.E. Speizer, C.W. Heath // Am. Respir. Crit. Care Med. – 1995. – Vol. 151, № 3. – P. 669–674.

18. Respiratory flow phenomena and gravitational deposition in a three-dimensional space-filling model of the pulmonary acinar tree / J. Sznitman, T. Heimsch, J.H. Wildhaber, A. Tsuda, T. Rösgen // J. Biomech.Eng. – 2009. – Vol. 131. – P. 031010–1–16.

19. Zhang Z., Kleinstreuer C., Kim C.S. Airflow and nanoparticle deposition in a 16-generation tracheobronchial airway model // Ann. Biomed. Eng. – 2008. – Vol. 36. – P. 2095–2110.

20. Zhang Z., Kleinstreuer C., Kim C.S. Flow structure and particle transport in a triple bifurcation airway model // J. Fluids Eng. – 2001. – Vol. 123. – P. 320–330.

Критерии оценки интерфейсов для проектирования web-ГИС медико-эпидемиологического назначения

Л.С. Китаева

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени академика И.Н. Блохиной», г. Нижний Новгород, Россия

Осуществляется детальный разбор критериев анализа геопортальных интерфейсов. Сформулирован обобщенный перечень критериев. Сделан акцент на защиту данных геопорталов, ориентацию на будущее, на необходимость в кросс-платформенных адаптивных веб-интерфейсах. Приведены перечни критериев оценивания геопорталов из различных статей.

Ключевые слова: географическая информационная система, геопортал, графические пользовательские интерфейсы, проектирование.

Проблемы проектирования геопортальных интерфейсов различного назначения неоднократно рассматривалась в специальной литературе по геоинформатике. Например, в работе А.В. Шевина «Геопорталы как базовые элементы инфраструктуры пространственных данных: Анализ текущего состояния вопроса в России» приведена историческая справка по созданию в 90 – 2010-х гг. геопорталов и геосервисов, дается анализ ситуации в нашей стране, приведены примеры некоторых геопорталов и геосервисов федерального и регионального уровней [8]. Современное состояние проектирования геопортальных интерфейсов включает не только разработку интерфейсов систем «человек – ЭВМ», но также стандарты и правила

инфраструктуры пространственных данных [2, 5], веб-дизайн [1], психологические аспекты интерфейсов веб-ГИС [4, 7]. Большинство этих исследований посвящено сайтам-магазинам. Но существует большая группа геопорталов информационно-справочного, экологического, медико-географического и другого узкоспециализированного назначения. Для таких геопорталов менее характерны проблемы продвижения каких-либо товаров, но некоторые общие подходы к их разработке и эксплуатации по-прежнему сохраняются. Одной из проблем при разработке территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации. Территория Российской Федерации» (ГИС «Электронный эпидемиологический атлас России») [6] является проблема проектирования и оценки геопортального интерфейса пользователя ГИС «Электронный эпидемиологический атлас России» [3]. Ядром проблемы является анализ геопорталов медико-эпидемиологического направления и выбор критериев их оценки, а также оценки проектных решений при разработке ГИС «Электронный эпидемиологический атлас России».

В работе А.Г. Шмелева «Многокритериальная оценка пользовательских интерфейсов портальных проектов» [9] представлен методологический подход к выбору критериев оценки пользовательских интерфейсов в сфере образования, а также рассмотрены несколько оснований для классификации интерфейсов. В работе анализируется ряд источников в области когнитивной эргономики. В практико-ориентированных работах в понятие «удобство пользования» (эргономика, usability) нередко включают не только организацию визуально-моторного интерфейса пользователя, но и оценку стиля контент-администрирования сайта.

Классической считается оценка сайтов как источников информации в сети Интернет по пяти критериям, приведенная в работе Kapoun Jim «Teaching undergrads WEB evaluation: A guide for library instruction» [12] (табл. 1).

Таблица 1

Критерии оценивания сайтов как источников информации в сети Интернет

№ п/п	Критерий (англ.)	Критерий (перевод)	Комментарий
1	Accuracy • Who wrote the page and can you contact him or her? • What is the purpose of the document and why was it produced? • Is this person qualified to write this document?	Точность • Кто написал эту страницу и можете ли вы связаться с ним или с ней? • Какова цель этого документа и почему он был подготовлен? • Является ли этот человек квалифицированным для написания этого документа?	• Убедитесь, что автор предоставляет адрес электронной почты или контактный адрес / номер телефона. • Знайте разницу между автором и веб-мастером.
2	Authority • Who published the document and is it separate from the “Webmaster? " • Check the domain of the document, what institution publishes this document? • Does the publisher list his or her qualifications?	Компетентность • Кто опубликовал документ и является ли он отдельным от «веб-мастера»? • Проверьте домен документа, какое учреждение публикует этот документ? • Указывает ли издатель свою квалификацию?	• Какие идентификационные данные указаны для автора (ов)? • Где публикуется документ? Проверьте URL-адрес домена

Окончание табл. 1

№ п/п	Критерий (англ.)	Критерий (перевод)	Комментарий
3	Objectivity • What goals/objectives does this page meet? • How detailed is the information? • What opinions (if any) are expressed by the author?	Объективность • Каким целям / задачам соответствует данная страница? • Насколько детализирована эта информация? • Какие мнения (если таковые имеются) высказывает автор?	• Определите, является ли страница ширмой для рекламы; если да, то информация может быть предвзятой. • Просматривайте любую вебстраницу как рекламный ролик на телевидении. Спросите себя, почему это было написано и для кого?
4	Currency • When was it produced? • When was it updated? • How up-to-date are the links (if any)?	Обновляемость • Когда он был произведен? • Когда он был обновлен? • Насколько актуальны ссылки (если таковые имеются)?	• Сколько мертвых ссылок находится на странице? • Являются ли ссылки актуальными или регулярно обновляются? • Является ли информация на странице устаревшей?
5	Coverage • Are the links (if any) evaluated and do they complement the documents' theme? • Is it all images or a balance of text and images? • Is the information presented cited correctly?	Полнота • Оцениваются ли ссылки (если таковые имеются) и дополняют ли они тему документов? • Представлены только иллюстрации или баланс текста и изображений? • Правильно ли цитируется представленная информация?	• Если страница требует специального программного обеспечения для просмотра информации, каковы будут ваши затраты, если у вас нет программного обеспечения? • Является ли получение информации бесплатным или платным? • Есть ли вариант только для текста, или фреймов, или предложенного браузера для лучшего просмотра?

По утверждению автора работы [9], к интерфейсным критериям в полной мере можно, пожалуй, отнести лишь первый, но с точки зрения оценки интерфейса источника метаданных содержащейся на геопортале информации значение имеют все классические критерии.

Представленная в работы [9] методика «Взаимных многокритериальных перекрестных оценок» (ВМПО) широко используется в экспертной практике в самых разных предметных областях науки и производства – от технического проектирования до организационного консультирования. Суть методики заключается в следующем:

1) авторы являются экспертами;
2) имеется набор согласованных критериев;
3) простая система оценивания (пятибалльная);
4) суждения являются независимыми;
5) наличие статистического анализа;
6) прохождение нескольких этапов оценивания;
7) выявление лучших образцов по каждому из критериев.

Автор работы [9] предлагает свою версию списка критериев, который состоит из 23 пунктов. Однако сам автор понимает обширность всей выделенной им области анализа и сокращает этот список критериев до 10 пунктов анализа интерфейсов (табл. 2).

Представляет интерес анализ геопорталов в работе С.А. Ямашкина, А.А. Ямашкина, О.А. Зарубина «Проблемы проектирования геопортальных интерфейсов».

Авторами приведен список различных стран, имеющих собственный геопортал, с различными решениями поставленных задач. Также авторы разделяют требования к геоинформационным системам на традиционный набор качественных и функциональных требований, в первую очередь к интерфейсам геоинформационных порталов. Исследователи утверждают [11], что решение задачи создания эффективных графических геопортальных интерфейсов – в первоначальном формировании дизайна, ориентированного на пользователя, созданного для решения конкретных задач на основе лучших практик и патентов проектирования. Однако вместе с этим имеются и слабые стороны в организации геопортальных интерфейсов: отсутствие кросс-платформенности, необходимого удобства, быстродействия и интуитивной понятности. Таким образом, авторы статьи [10] рассматривают важную проблему в области создания современных геопорталов – проектирование и разработка устойчивых, адаптивных, интуитивно понятных геопортальных интерфейсов.

Таблица 2

Сокращенная версия списка критериев для оценки портальных проектов

№ п/п	Критерий	Комментарий
1	Тематическая определенность (однородность материалов по тематике)	Четкая информация о том, о чем ресурс (портал)
2	Точная адресация (оперирование понятиями пользователя)	Четкая информация о том, для кого создан ресурс, для какой аудитории, адаптации языка к аудитории
3	Визуальное оформление (графика, эстетика, дизайн портала)	Граф-дизайн, шрифтовое оформление, анимационные средства управления вниманием
4	Навигация (средства доступа к ресурсам портала)	Удобное меню, наличие карты портала, средства поиска по ключевым словам
5	Интерактивность (включая настройку сценария доступа на пользователя)	Удачное оформление голосований, форумов, чатов – интерактивных средств, изменение меню для разных категорий пользователей, наличие насыщенных экранов для продвинутых пользователей
6	Простота и естественность (легкость в управлении)	Легкость ориентировка на первых шагах, легкость обучения навигации на портале, наличие страниц, облегченных для начинающих, легкая загружаемость
7	Стандартизация (единообразие оформления страниц)	Единство фреймов, шрифтов, цветовой гаммы
8	Обратная связь (возможность диалога со службой поддержки и разработчиками)	Наличие контактных адресов, телефонов, реализация оперативного контакта со службой поддержки
9	Полнота (разнообразие информации и сервисов)	Широта охвата информационного поля, разнообразие способов просмотра и доступа информации
10	Надежность (устойчивость к ошибкам, отсутствие сбоев, зависаний)	Устойчивость канала доступа

Авторами статьи «Проблемы проектирования геопортальных интерфейсов» выделены опорные пункты по созданию эффективных геопортальных интерфейсов. Данные пункты представлены в табл. 3.

Авторы статьи [10] приводят перечень базовых функциональных (отвечающих на вопрос: что должна делать геопортальная система?) и качественных (отвечающих на вопрос: как должны работать геопортальные интерфейсы?) требований к графическим геопортальным интерфейсам (табл. 4).

Таблица 3

Опорные пункты создания эффективных геопортальных интерфейсов

№ п/п	Критерий	Комментарий
1	Гибкая организация процесса проектирования и разработки интерфейсов	Перманентный анализ сильных и слабых сторон геопорталов, их потенциальных возможностей и внешних угроз в конкурентной интернет-среде
2	Ориентация на будущее	Геопортальные интерфейсы должны проектироваться на будущее, например с расчетом внедрения технологии дополненной и виртуальной реальности. Картографические интерфейсы должны позволять осуществлять наглядный эффективных мониторинг и контроль за функционированием умных устройств как составных частей интернет-вещей
3	Человекоцентричность процесса проектирования интерфейсов	Анализ геопортального и картографического дизайна на основе изучения поведения пользователя (замер времени, проведенного на ресурсе, построение карты переходов по страницам, скроллинга и перемещения курсора мыши)
4	Необходимость в кросс-платформенных адаптивных веб-интерфейсах	Адаптирование показа геопортального интерфейса для различных устройств (смартфоны, планшетные компьютеры). Развитие емкостных сенсоров для взаимодействия с картографическим материалом, управление процессами получения и изменения пространственных данных (пространственного контента) при помощи жестов и специальных контроллеров
5	Предпочтение использования собственных и сторонних программных модулей перед внедрением систем управления пространственными данными	При использовании фреймов (каркасов) и систем управления пространственных данных можно сократить время проектирования, разработки и внедрения геопорталов. Однако для решения конкретных задач также появляется необходимость использования и собственных программных модулей, так как в противном случае функциональные возможности геопортала могут быть ограничены

Таблица 4

Базовые функциональные и качественные требования

№ п/п	Критерий	Комментарий
Функциональные требования		
1	Наличие картографической основы	Позволяет осуществлять визуальную интуитивную привязку пространственных объектов геопортала к областям реального мира
2	Комбинирование наложения тематических слоев	Возможность выбора категорий и параметров пространственных объектов, конкретизация перечня элементов управления тематическими слоями и выбор отображаемых объектов
3	Наличие инструментов навигации по пространственной базе данных	Возможность масштабирования карты и перемещения по ней с динамической загрузкой объектов, а также наличие многокритериального поиска
4	Доступ к атрибутам пространственного объекта	Характеристика выбранной области или объекта ка карте
5	Получение иной связанной текстовой и мультимедийной информации, не имеющей пространственной привязки	Например, наличие контактных данных, энциклопедических материалов, новостной ленты и других различных банков информации

Окончание табл. 4

№ п/п	Критерий	Комментарий
Качественные требования		
6	Внешний вид графических геопортальных интерфейсов	Данный критерий разделяется на блоки под номерами 6.1 и 6.2
6.1	Адаптивность графических интерфейсов	Возможность ввода-вывода в различных устройствах (телевизоры с большой диагональю, ноутбуки, десктопные (настольные) компьютеры, рабочие станции, планшеты, смартфоны и смарт-часы) с индивидуальной выгодой предоставления доступа к управлению и чтению пространственных данных
6.2	Интуитивная понятность интерфейсов	Понимание пользователем базовых возможностей за считанные минуты нахождения на геопортале
7	Требования к организационной структуре, разделяемые на модифицируемость и расширяемость	Возможность быстрого и эффективного вертикального (интенсивного) и горизонтального (экстенсивного) расширения, легкость подключения новых тематических слоев, а также переориентирование на решение новых задач
8	Требования к надежности, включающие доступность и отказоустойчивость	Наличие времени непрерывной работы геопортальных интерфейсов и максимальный допуск времени простоя
9	Безопасность	Разграничение доступа, обеспечение работы с приватными данными, снижение рисков от внешних атак

Таким образом, исходя из приведенных критериев разработки геопортального интерфейса, некоторые критерии можно объединить и представить общий список (табл. 5) с некоторыми дополнениями. Однако для простоты поэтапной разработки следует подразделить критерии на определенные группы по категориям разработки:

- безопасность геопортала;
- визуальная часть интерфейса;
- информационная часть интерфейса;
- пользовательская часть интерфейса;
- управленческая часть интерфейса (разработчик);
- фидбэк (обратная связь).

Таблица 5

Предлагаемый список критериев для анализа геопортальных интерфейсов

№ п/п	Критерий	Комментарий
Безопасность геопортала		
1	Надежность	Устойчивость канала доступа, снижение рисков от внешних атак
2	Требования к надежности, включающие доступность и отказоустойчивость	Наличие времени непрерывной работы геопортальных интерфейсов и максимальный допуск времени простоя, устойчивость к ошибкам, отсутствие сбоев и зависаний
3	Конфиденциальность	Разграничение доступа, обеспечение работы с приватными данными
Визуальная часть интерфейса		
4	Визуальное оформление (графика, эстетика, дизайн портала)	Граф-дизайн, шрифтовое оформление, анимационные средства управления вниманием

Продолжение табл. 5

№ п/п	Критерий	Комментарий
5	Стандартизация (единообразие оформления страниц)	Единство фреймов, шрифтов, цветовой гаммы
6	Наличие картографической основы	Позволяет осуществлять визуальную интуитивную привязку пространственных объектов геопортала к областям реального мира
7	Комбинирование наложения тематических слоев	Возможность выбора категорий и параметров пространственных объектов, конкретизация перечня элементов управления тематическими слоями и выбор отображаемых объектов
8	Необходимость в кросс-платформенных адаптивных веб-интерфейсах	Адаптирование показа геопортального интерфейса для различных устройств (смартфоны, планшетные компьютеры). Развитие емкостных сенсоров для взаимодействия с картографическим материалом, позволяя управлять процессами получения и изменения пространственных данных (пространственного контента) при помощи жестов и специальных контроллеров
Информационная часть интерфейса		
9	Тематическая определенность (однородность материалов по тематике)	Четкая информация о том, о чем ресурс (портал)
10	Полнота (разнообразие информации и сервисов)	Широта охвата информационного поля, разнообразие способов просмотра и доступа информации
11	Доступ к атрибутам пространственного объекта	Характеристика выбранной области или объекта на карте
12	Получение иной связанной текстовой и мультимедийной информации, не имеющей пространственной привязки	Например, наличие контактных данных, энциклопедических материалов, новостной ленты и других различных банков информации
13	Достоверность	Наличие официальных и проверенных источников информации
14	Актуальность	Своевременное обновление информации
15	Экспертность	Наличие логической структуры выбора данных, правильность использования терминов, определений и так далее
Пользовательская часть интерфейса		
16	Навигация (средства доступа к ресурсам портала)	Удобное меню, наличие карты портала, средства поиска по ключевым словам
17	Простота и естественность (легкость в управлении)	Легкость ориентировка на первых шагах, легкость обучения навигации на портале, наличие страниц, облегченных для начинающих, легкая загружаемость
Управленческая часть интерфейса (разработчик)		
18	Точная адресация (оперирование понятиями пользователя)	Четкая информация о том, для кого создан ресурс, для какой аудитории, адаптации языка к аудитории
19	Гибкая организация процесса проектирования и разработки интерфейсов	Перманентный анализ сильных и слабых сторон геопорталов, их потенциальных возможностей и внешних угроз в конкурентной интернет-среде
20	Ориентация на будущее	Геопортальные интерфейсы должны проектироваться на будущее, например с расчетом внедрения технологии дополненной и виртуальной реальности. Картографические интерфейсы должны позволять осуществлять наглядный эффективных мониторинг и контроль за функционированием умных устройств как составных частей интернет-вещей

Окончание табл. 5

№ п/п	Критерий	Комментарий
21	Предпочтение использования собственных и сторонних программных модулей перед внедрением систем управления пространственными данными	При использовании фреймов (каркасов) и систем управления пространственных данных можно сократить время проектирования, разработки и внедрения геопорталов. Однако для решения конкретных задач также появляется необходимость использования и собственных программных модулей, так как в противном случае функциональные возможности геопортала могут быть ограничены
22	Человекоцентричность процесса проектирования интерфейсов	Анализ геопортального и картографического дизайна на основе изучения поведения пользователя (замер времени, проведенного на ресурсе, построение карты переходов по страницам, скроллинга и перемещения курсора мыши)
Фидбэк		
23	Интерактивность (включая настройку сценария доступа на пользователя)	Удачное оформление голосований, форумов, чатов – интерактивных средств, изменение меню для разных категорий пользователей, наличие насыщенных экранов для продвинутых пользователей
24	Обратная связь (возможность диалога со службой поддержки и разработчиками)	Наличие контактных адресов, телефонов, реализация оперативного контакта со службой поддержки

Таким образом, в табл. 5 представлено 24 критерия оценки геопортального интерфейса, что на 13 пунктов отличается от сокращенной версии списка критериев для оценки портальных проектов, приведенной в работе А.Г. Шмелева «Многокритериальная оценка пользовательских интерфейсов портальных проектов» [9]. Это связано с созданием подразделений критериев и более широким их раскрытием.

Данные критерии разрабатывались в рамках НИР «Разработка территориально распределенного геоинформационного программного комплекса «Электронный эпидемиологический атлас Российской Федерации. Территория федерального округа», в дальнейшем предполагается их использование как для действующих, так и для разрабатываемых интерфейсов. Представленный перечень является достаточно расширенным, работа над разработкой критериев будет продолжена.

Список литературы

1. Бородаев Д.В. Веб-сайт как объект графического дизайна: монография. – Харьков: Септима ЛТД, 2006. – 288 с.

2. Геопортал INSPIRE [Электронный ресурс]. – URL: https://inspire.ec.europa.eu/ (дата обращения: 01.08.2020).

3. Ефимов Е.И., Побединский Г.Г. О новой концепции Эпидемиологического атласа // Великие реки’2018: 20-й Междунар. науч.-пром. форум: труды научного конгресса: в 3 т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. – Т. 1. – С. 304–309.

4. Мандругин В.В. Психологические аспекты интерфейса в проектировании дизайна веб-ГИС // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2012. – Т. 1, № 1–2. – С. 62–65.

5. О Концепции создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации: Распоряжение Правительства РФ от 21 августа 2006 г. № 1157-р [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consul-

tant.ru/cons/cgi/online.cgi? req=doc&base=EXP&n=372580#09390986254848085 (дата обращения: 01.08.2020).

6. Побединский Г.Г., Сарсков С.А. Геоинформационные системы и технологии в противоэпидемической практике. Интеграция пространственных данных в целях эпидемиологического мониторинга территорий / ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной Роспотребнадзора. – Н. Новгород, 2019. – 59 с.

7. Уэйншенк С. Интуитивный веб-дизайн. Что заставляет людей переходить по ссылкам: пер. с англ. – М.: Эксмо, 2011. – 160 с. – (Серия: Компьютер на 100 %).

8. Шевин А.В. Геопорталы как базовые элементы инфраструктуры пространственных данных: Анализ текущего состояния вопроса в России // Вестник СГУГиТ. – 2016. – № 3 (35). – 102–110.

9. Шмелев А.Г. Многокритериальная оценка пользовательских интерфейсов портальных проектов // Интернет-порталы: содержание и технологии. – Т. 2. – М.: Просвещение, 2004. – С. 346–361.

10. Ямашкин С.А., Ямашкин А.А., Зарубин О.А. Проблемы проектирования геопортальных интерфейсов // Геодезия и картография. – 2019.– № 2. – С. 46–56.

11. Giuliani G., Peduzzi P. The preview Global Risk Data Platform: a geoportal to serve and share global data on risk to natural hazards // Natural Hazards and Earth System Science. – 2011. – Vol. 11 (1). – P. 53–66. DOI: 10.5194/nhess-11-53-2011.

12. Kapoun Jim. Teaching undergrads WEB evaluation: A guide for library instruction // College & Research Libraries News. – 1998. – Vol. 59 (7). – P. 522–523. DOI: 10.5860/CRLN.59.7.522

Объемная модель акустического воздействия транспортного шума как инструмент планирования городской территории

Д.Н. Кошурников

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

Рассматривается и опробуется механизм установления шумовой экспозиции от транспортного шума с учетом высотности объектов капитального строительства. Моделирование распространения шума выполнено с применением специализированной программы «Эколог-Шум» на основе векторной карты города с применением геоинформационных систем (ГИС). Для формирования базы об источниках автотранспортного шума проведен сбор и анализ информации об интенсивности транспортных потоков городских автомагистралей с последующей оценкой эквивалентного уровня шума для каждого участка автодорог. В рамках оценки шума учтен перечень новых транспортных магистралей и микрорайонов. При проведении акустических расчетов учтена специфика сложившейся градостроительной ситуации (жилая застройка высотой 5–14 этажей) и перспектива развития жилых территорий (жилая застройка высотой 14–30 этажей). Акустическая экспозиция рассчитана с учетом

модельных акустических расчетов от автотранспорта города в виде более 2 тыс. участков автомобильных дорог. Верификация расчетов выполнена результатами инструментальных исследований на участках автодорог и в зонах акустической тишины с учетом вклада железнодорожного и воздушного транспорта.

На основе совокупной средневзвешенной экспозиции шума рассчитан ожидаемый риск нарушений здоровья жителей, проживающих вдоль автотранспортных магистралей на существующее положение и ближайшую перспективу развития. Выполнено картирование формируемого риска. По результатам оценки риска установлено, что неприемлемый уровень риска воздействия автотранспортного шума в виде приведенного индекса риска здоровью ($\tilde{R}_i^{Acob} > 0{,}6$) формировался на центральных улицах города (улица Ленина, Комсомольский проспект, Шоссе Космонавтов и др.). Рекомендован перечень мероприятий по снижению риска нарушений здоровья для наиболее проблемных участков города.

Ключевые слова: акустические расчеты, шумовое воздействие, геоинформационные системы, оценка шумового риска.

Современный город характеризуется высокой интенсивностью транспортных потоков, обилием промышленных производств, объектов коммунального хозяйства и объектов строительства. Особое место в условиях плотной городской застройки занимает шумовое загрязнение, требующее разработки мероприятий по экологическому проектированию городской среды и обеспечению экологической безопасности населения [3, 12].

Многочисленные научные исследования доказывают, что в условиях городской застройки человек является крайне уязвимым в отношении акустического дискомфорта. Результаты исследований свидетельствуют, что неблагоприятные эффекты для здоровья экспонируемого населения проявляются в отношении органов слуха, сердечно-сосудистой и нервной систем [10, 14, 15].

На сегодняшний день значительные жилые территории крупных городов Российской Федерации находятся в зонах акустического дискомфорта, в которых проживают миллионы человек [2, 6, 7]. По данным Государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году» в структуре жалоб населения, связанных с воздействием физических факторов, шум есть и остается превалирующим фактором неионизирующей природы, доля жалоб на шум составляет 66,8 % [4].

Отечественный и зарубежный опыт контроля и управления акустической ситуацией в условиях крупных городов свидетельствует об актуальности и эффективности применения шумовых карт поселений, разработанных в соответствии с Директивой 2002/49/ЕС [2, 5–8, 13]. Использование шумовых карт позволяет оценить ситуацию на существующее положение и выполнить прогноз ее изменения с оценкой рисков для здоровья населения. Алгоритм сбора, анализа и обработки информации для подготовки и ведения стратегических карт шума представлен в ряде научных работ [1].

В условиях высотной застройки особую актуальность приобретают вопросы объемного или трехмерного моделирования (3D) и построения соответствующих 3D-карт [9].

Однако при построении и плоских, и объемных карт основной их целью является оценка комфортности и безопасности среды обитания для здоровья человека. Эта оценка может осуществляться либо по критериям гигиенических нормативов (СН 2.2.4/2.1.8.562-96), либо по критериям рисков для здоровья. В Российской Федерации внедрена методика оценки риска здоровью населения под воздействием

транспортного шума (МР 2.1.10.0059-12), которая позволяет спрогнозировать возможные нарушения здоровью при длительном воздействии шумового фактора.

Цель исследования – оценка и прогноз акустической ситуации на территории центральной части города с интенсивной транспортной нагрузкой на существующее положение и с учетом нового жилищного строительства.

В качестве объекта исследования был выбран участок нового строительства двух жилых комплексов, территориально расположенных в границах ядра деловой активности г. Перми, общей площадью 52 га. В частности, рассматривались жилой комплекс «Данилиха» (30 га) и комплекс жилых домов по улице Овчинникова и улице Челюскинцев (22 га), расположенных в Дзержинском районе г. Перми.

Рассмотренные участки нового строительства располагались вдоль одной из крупнейших магистралей города – Шоссе Космонавтов. Прилагающая к магистрали дорога характеризуется сложившейся застройкой преимущественно 5–9 этажей. В качестве основных источников шума рассматривались автотранспортные магистрали города с учетом показателей интенсивности транспортных потоков, скоростного режима движения и состояния дорожного покрытия рассматриваемых дорог. В качестве шумовой характеристики для каждого участка УДС (улично-дорожной сети) был установлен эквивалентный уровень шума.

В общей сложности в рамках исследования для моделирования использовались следующие данные:

– информация о 2 тыс. передвижных источниках шумового воздействия города, из которых 50 участков УДС располагались на исследуемой территории;

– информация об объектах капитального строительства в виде порядка 800 объектов капитального строительства (здания и сооружения), учитываемых в качестве объектов экранирования.

Акустические расчеты в рамках исследования проводились с применением специальной программы, реализующей действующие в Российской Федерации нормативные документы по распространению шума на местности (ГОСТ 31295.1-2005 и СП 51.13330.2011).

Расчетная оценка вклада автотранспортного шума на прилегающую жилую застройку (существующее положение и перспектива) верифицирована результатами инструментальных измерений с учетом вклада железнодорожного и воздушного транспорта.

Расчеты проводились в контрольных точках расчетного прямоугольника размером 0,9×0,9 км. Для задач построения объемной картины шумового воздействия акустических расчетов на 38 разных высотах от 1,5 до 75 м над уровнем земли, в соответствии с предельной высотой планируемых жилых зданий – 25 этажей, из расчета, что один этаж соответствует 3 м.

Для расчетов L_{den} и L_{night} были проведены почасовые обследования интенсивности потоков. Расчеты выполнялись по стандартным формулам, учитывающим длительность отдельных шумовых событий определенной интенсивности [11].

Отображение используемых исходных данных и результатов акустических расчетов выполнено с применением ArcGIS 9.3 (модуль 3D Analyst). Для задач моделирования использовалась векторная карта г. Перми с набором электронных слоев в формате *.shp, содержащих пространственные объекты города в электронном виде с сопутствующей атрибутивной информацией. Электронные слои содержали данные расположения и высотности всех зданий и сооружений исследуемых территорий.

Общие сведения о планируемом строительстве.

На территории жилого комплекса «Данилиха» планируется строительство нескольких зданий следующей этажностью:

– четыре жилых дома высотой по 25 этажей;

– один жилой дом высотой 21 этаж;

– один жилой дом высотой 16 этажей.

На территории комплекса жилых домов по ул. Овчинникова и ул. Челюскинцев планируется строительство нескольких зданий следующей этажностью:

– два жилых дома высотой по 16 этажей;

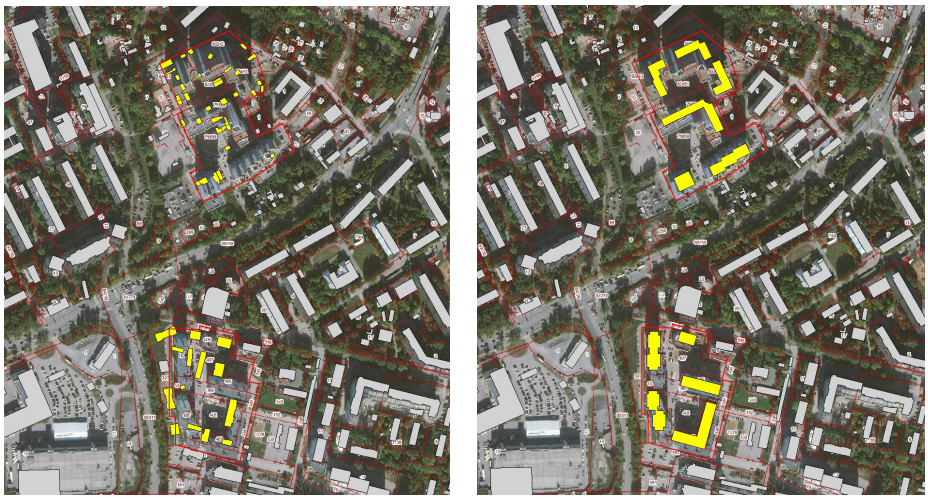
– два жилых дома высотой по 10 этажей;

– один жилой дом высотой шесть этажей.

Среднесуточная загруженность ул. Шоссе Космонавтов достигает 1284 автомобиля в час. В пиковые периоды в утренние и вечерние часы интенсивность потока составляет 2810 и 2450 автомобилей в час соответственно. Приведенная автотранспортная нагрузка рассматриваемой магистрали характеризуется следующей акустической характеристикой излучаемого эквивалентного уровня шума: утром – 67,2 дБА, вечером – 66,8 дБА, в среднем за сутки – 63,8 дБА.

Транспортная инфраструктура планируемого строительства.

Первичный анализ градостроительной ситуации на существующее положение показал, что территория размещения планируемых комплексов занята зданиями и сооружениями преимущественно одноэтажными (рис. 1, *а*). Планируемое размещение жилого комплекса включает ансамбль зданий и сооружений переменной высотности от 6 до 25 этажей (рис. 1, *б*).



а *б*

Рис. 1. Градостроительная ситуация в границах участков планируемого жилищного строительства: *а* – до строительства; *б* – после строительства

На начало проектирования и строительства жилых комплексов на рассматриваемой территории практически не существовало ни улиц, ни дорог. Новое строительство предполагает появление порядка 12 новых улиц и проездов. Для новых

улиц и проездов принята интенсивность на уровне 20 % от интенсивности прилегающих автомагистралей, а именно: среднесуточная интенсивность прогнозируется на уровне от 103 до 275 автомобилей в час.

По результатам акустических расчетов на период до планируемого строительства установлено, что в приземном слое на уровне слышимости человеком (1,5 м) уровни шума составляли от 38,7 до 58,0 дБА (превышение до 3,0 дБА) в границах ЖК «Данилиха» и от 39,5 до 56,8 дБА (превышение до 1,8 дБА) в границах группы домов.

Для установления диапазона изменения уровней шума в зависимости от высоты были проанализированы результаты «послойных» акустических расчетов в границах участков планируемого строительства. В целом установлено, что в рассматриваемых участках жилищного строительства на существующее положение фиксируются незначительные превышения гигиенических нормативов (от 1,8 до 3,0 дБА). Минимальный эквивалентный уровень шума повышался с 1,5 до 27 м (при небольшой стабилизации в диапазоне высот 13–19 м – на уровне 46,9 дБА), с 38,7 до 47,6 дБА соответственно. Максимальные уровни эквивалентного шума снижались, начиная с 1,5 м, в первую очередь за счет экранирования при распространении шума на местности с 58,0 дБА (на 1,5 м) до 50,3 дБА (на 75 м).

По результатам акустических расчетов с учетом условий реализации планируемого строительства установлено, что на высоте 1,5 м уровни шума составляли от 25,2 до 73,0 дБА, в частности, в границах группы жилых домов уровни шума формировались от 57,0 до 68,6 дБА (превышение до 13,6 дБА), в границах ЖК «Данилиха» уровни шума формировались от 45,9 до 64,8 дБА (превышение до 9,8 дБА).

Анализ «послойного» распределения уровней шума показал, что минимальный эквивалентный уровень шума стабильно повышался с учетом высоты с 1,5 м (25,2 дБА) до 73–75 м (43,3–34,1 дБА). Максимальные уровни эквивалентного шума стабильно снижались, начиная с 1,5 м (73,0 ДБА) до 75 м (57,0 дБА).

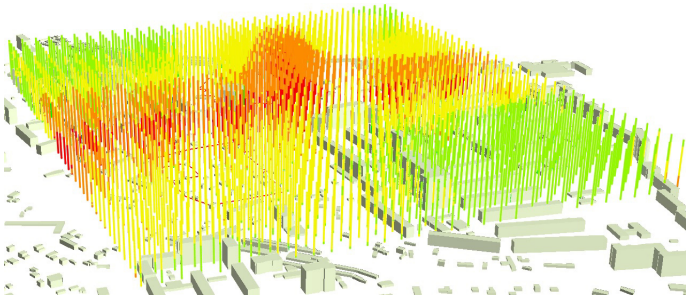
Визуализация полученных результатов акустических расчетов по высотам представлена на рис. 2.

Динамика распределения уровней шума в зависимости от высоты размещения контрольной точки для двух рассматриваемых сценариев событий представлены на рис. 3.

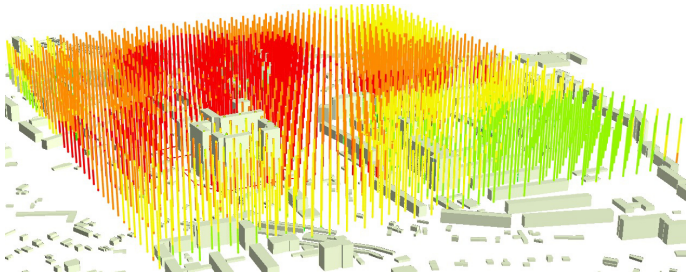
По результатам акустических расчетов, проведенных для различных высот и периодов загруженности транспортных магистралей, были рассчитаны показатели L_{den} (52,6 дБА) и L_{night} (43,4 дБА) на период до начала строительства, которые составили даже для самых нагруженных точек менее 53 и 45 дБА соответственно. Обе величины укладываются в диапазоны, определяемый ВОЗ как безопасные для здоровья человека и комфортности условий проживания [16].

Уровни, прогнозируемые на период после строительства, – существенно выше: L_{den} определен в диапазоне 57,0–73,0 дБА; L_{night} – 47,8–63,2 дБА.

Спрогнозированные величины L_{den} позволяют предполагать недопустимые риски формирования болезней сердечно-сосудистой системы у жителей микрорайона (повышенное артериальное давление, гипертензия, манифестация ишемической болезни сердца). Кроме того, существуют риски постоянного раздражения шумом наиболее чувствительных групп населения. В зонах с уровнями ночного шума L_{night} более 45 дБА прогнозируются риски нарушения сна, развития иных нарушений функций нервной системы, систематического ощущения дискомфортности проживания.

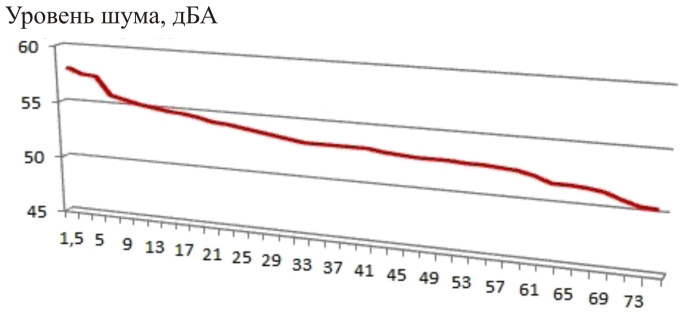


а

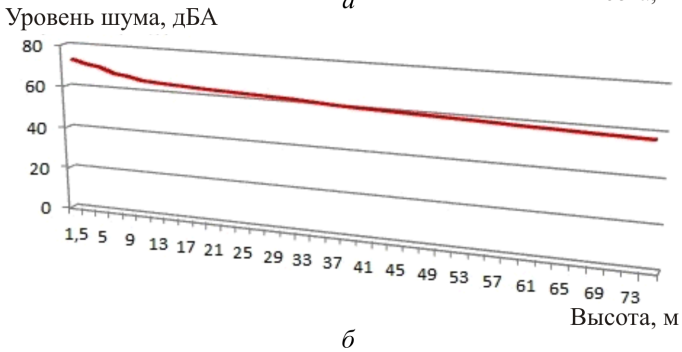


б

Рис. 2. Трехмерная картина акустического воздействия:
а – до строительства; *б* – после строительства



а



б

Рис. 3. Динамика распределения уровней шума в зависимости от высоты:
а – до строительства; *б* – после строительства

Установлено, что неприемлемый уровень риска воздействия автотранспортного шума в виде приведенного индекса риска здоровью (> 0,6) формировался в жилой застройке и был близок уровням риска, характерным для центральных улиц города (улица Ленина, Комсомольский проспект, Шоссе Космонавтов и др.).

Материалы переданы в администрацию города для выработки решений по минимизации рисков здоровью, связанных и транспортной нагрузкой. Представляется, что данные решения могут быть связаны с изменением структуры и интенсивности транспортных потоков, дополнительными мерами строительного характера (двойное остекление жилых помещений, использование шумопоглощающих строительных материалов, изменение внутренней планировки квартир и т.п.) и мерами организационного характера (максимальный перевод жилых помещений в зданиях с повышенной шумовой нагрузкой в нежилые, использование помещений под офисы, магазины и т.п.).

Выводы. По результатам проведенного исследования установлено, что:

– построенная акустическая модель исследуемой территории соответствует фактической ситуации на местности по результатам верификации данными инструментальных измерений уровней шума;

– трехмерная модель акустического воздействия в диапазоне высот от 1,5 до 75 м позволила установить закономерности изменения уровней шума с учетом высоты (переломными являются высоты от 15 до 27 м, на уровне 5–9-го этажей). На примере исследуемой территории доказано, что оценка существующего положения и прогноз изменения ситуации необходимо включать в состав предпроектной документации при развитии жилых территорий и строительстве городской инфраструктуры для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия городского населения;

– рассчитанные уровни риска здоровью населения с учетом высоты установили зависимость влияния шума и выявили критические возрасты, для которых формируется неприемлемый риск проживающего на жилых территориях населения с учетом высоты и длительности проживания.

В качестве основных мероприятий по шумозащите в условиях городской застройки могут служить, в первую очередь, шумозащитное остекление (в том числе за счет городского бюджета при строительстве и реконструкции городских объектов), во-вторых, установка шумозащитных экранов по инициативе граждан или за счет городского бюджета при строительстве и реконструкции городских объектов, и, в-третьих, грамотное территориальное планирование городских территорий для защиты населения расстоянием до источников повышенного шума.

Соблюдение на городских территориях нормативных уровней шума позволит обеспечить конституционные права граждан на санитарно-эпидемиологическое благополучие и повысить качество жизни в условиях крупных мегаполисов.

Список литературы

1. Боголепов И.И., Лаптева Н.А. Шумовая карта городов и агломераций // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 6 (16). – С. 5–11.

2. Добрякова В.А., Колесов А.А. Исследование шумового загрязнения г. Тюмени с применением ГИС // Вестник ТюмГУ. Экология и природопользование. – 2015. – Т. 1, № 3 (3). – С. 268–273.

3. Иванов Н.И. Концепция снижения шума в Российской Федерации: Защита от шума и вибрации // Доклады V Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Россия, Санкт-Петербург, 18–20 марта 2015 г.) / под ред. Н.И. Иванов. – СПб., 2015. – С. 12–24.

4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад [Электронный ресурс] // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php ELEMENT_ID=14933 (дата обращения: 27.07.2020).

5. Первая карта шума Пекина похожа на абстрактную картину Чехии [Электронный ресурс]. – URL: http://russian.people.com.cn/31516/6765727.html (дата обращения: 03.09.2020).

6. Спиридонова И.М. Саввинова А.Н. Создание карты шумового загрязнения г. Якутска // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 8. – С. 67–68.

7. Хамавова А.А., Псеунова С.Р. Акустический комфорт как компонент городской среды // Известия Ростовского государственного строительного университета. – 2015. – Т. 2, № 20. – С. 8–14.

8. Шумовая карта Чехии [Электронный ресурс]. – URL: https://www.podebrady.ru/2013/12/04/hlukove-mapy/ (дата обращения: 03.09.2020).

9. A spatial data infrastructure for environmental noise data in Europe (2017) International / A. Abramic, A. Kotsev, V. Cetl, S. Kephalopoulos, M. Paviotti // Journal of Environmental Research and Public Health. – 2017. – Vol. 14 (7). – P. 726.

10. Auditory and non-auditory effects of noise on health / M. Basner, W. Babisch, A. Davis, M. Brink, Ch. Clark, S. Janssen, S. Stansfeld // Lancet. – 2014. – Vol. 383 (9925). – P. 1325–1332.

11. Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018) [Электронный ресурс] // World Health Organization. – URL: https://www.euro.who.int/ru/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018 (дата обращения: 03.09.2020).

12. Khreis H., May A.D., Nieuwenhuijsen M.J. Health impacts of urban transport policy measures: A guidance note for practice // Journal of Transport and Health. – 2017. – Vol. 6. – P. 209–227.

13. Lärmkarte Berlin 2018. So laut ist es vor Ihrer Haustür [Электронный ресурс]. – URL: https://interaktiv.morgenpost.de/laermkarte-berlin/ (дата обращения: 03.09.2020).

14. Prasher D. Environmental Noise and Health: The Latest Evidence – 2002.

15. Prasher D. Confounding or aggravating factors in noise-induced health effects: air pollutants and other stressors // Noise and health. – 2005. – № 7 (28). – P. 41–50.

Авторский указатель

Абдрахманова Е.Р. 102
Алешкин А.В. 188
Аликина И.Н. 358
Андриевская Е.В. 149
Андришунас А.М. 25
Анисович М.В. 153
Антонова Н.П. 188
Анурова М.Н. 188
Бакиров А.Б. 102
Бачина А.В. 34, 84
Белышева Л.Л. 149
Березкина Г.В. 186
Бестужева Е.В. 56
Билалова Р.Г. 114
Болтачева А.Н. 351
Борискина Е.В. 108
Борисова А.И. 102
Бражников А.Ю. 293
Браиловский В.В. 84
Булатова Н.И. 316
Бурлака Н.М. 94
Вагапова Д.М. 265
Валеев Т.К. 117
Валина С.Л. 362
Васильев В.В. 332
Васильев Е.В. 332
Васильева М.М. 153
Васина Д.В. 188
Винникова А.В. 289
Винокурова И.Г. 133
Войтенко С.И. 149
Волкова М.В. 223
Воробьев А.М. 188
Воронцова О.С. 149
Вьюшков М.В. 394
Газизова Н.Р. 262
Глебова Л.А. 34, 84
Глухих М.В. 16, 25
Горюнова Ю.А. 234
Гусельников М.А. 355
Гущин В.А. 188
Давлетнуров Н.Х. 7
Давыдкин В.Ю. 192
Давыдкин И.Ю. 192
Дворянов В.В. 56
Денисова О.И. 229
Дмитриев А.П. 332
Долгих О.В. 212, 269, 272, 355, 358
Долич В.Н. 344
Дондукова Е.В. 133
Ермолина Г.Б. 108
Жарникова М.М. 177
Жеребцов А.С. 7
Жиров К.С. 369
Захаренко Т.В. 392
Захаров С.А. 253
Зеликман С.Ю. 186
Зулькарнеев Э.Р. 188
Иваненко А.В. 56
Иванов Д.Е. 388
Ильюкова И.И. 153
Кабирова Э.Ф. 102
Казакова О.А. 269
Казанбаева А.В. 313
Калашников Ю.С. 49
Калеева Е.В. 114
Камалтдинов М.Р. 43
Карлова Т.В. 68
Карнажицкая Т.Д. 158
Кирьянов Д.А. 163, 216
Кирюшин В.А. 60
Киселева И.А. 188
Китаева Л.С. 407
Клепиков О.В. 379
Климкина К.В. 249
Князев Д.К. 30
Ковшов А.А. 77
Кольдибекова Ю.В. 316
Комлева Н.Е. 344
Конькова М.Н. 98
Косарев А.В. 388
Котомина Н.А. 68
Кошурников Д.Н. 415
Кравцов А.В. 392
Крийт В.Е. 283
Кряжев Д.В. 108
Кузнецов А.С. 56
Кузнецов М.Н. 253
Куриганова М.С. 177
Кучумов В.В. 60
Лаишевцев А.И. 188
Лапа С.Э. 94
Лапко И.В. 249
Лахтин В.М. 192
Лахтин М.В. 192
Лебедева Г.С. 348
Легостина В.А. 313
Лир Д.Н. 313
Лихачев И.В. 180
Лукьянова А.Н. 34
Маврина Л.Н. 339
Мазунина А.А. 355
Маклакова О.А. 362
Маликова А.И. 262

Малышева А.Н. 348
Масягутова Л.М. 102
Медведева А.В. 348
Меденцов В.А. 344
Мелихова А.В. 192
Механтьев И.И. 49
Мехтиев Э.Р. 188
Михайлова Л.А. 94
Моргачёв О.В. 301
Моталова Т.В. 60
Мясников И.О. 77
Некрасова М.М. 275
Ненахов И.Г. 257
Никоношина Н.А. 272
Нимаева Б.В. 94
Новикова И.И. 326
Новикова Т.А. 344
Новикова Ю.А. 77
Нурисламова Т.В. 170
Нурпейсова А.Х. 186
Овчинникова Е.Л. 133
Осипова Е.М. 56
Осипова Н.А. 289
Паненкова Е.А. 60
Панкина А.А. 293
Панкратова О.Н. 114
Панкратова Ю.А. 98
Панчева Г.Г. 289
Парамонов В.Ю. 60
Перевозчиков А.Г. 68
Перекусихин М.В. 332
Пермина Г.Я. 7
Пескова Е.В. 308
Побединский Г.Г. 394
Повалишина А.М. 289
Рахматуллина Л.Р. 117
Рачеев В.Л. 229
Рогачева Е.В. 180
Рубальский Е.О. 188
Рудаков Н.В. 186
Рымарь А.И. 289
Савина К.А. 89, 388
Сагадиева Р.Ф. 262
Самойлова А.А. 180
Сарапина Е.П. 392
Сарсков С.А. 394
Семенихина М.В. 326
Серенко Е.В. 326
Сержантов А.М. 244
Симонова Т.В. 84
Скворцова В.А. 275
Славнухина Л.В. 68
Сладкова Ю.Н. 283
Смирнова В.М. 371
Смолянинова М.А. 94
Смыслова С.М. 348
Соловьева И.В. 392
Сорокина А.В. 326
Старчикова М.О. 158
Степанков М.С. 202
Степанов Е.Г. 7
Стёпкин Ю.И. 49, 257, 379
Стряпченко О.А. 177
Студеникина Е.М. 379
Субботина Д.Ю. 170
Судакова Е.В. 56
Сулейманов Р.А. 117
Телюпина В.П. 275
Тимерьянова Л.Н. 339
Титова А.А. 114
Тихонова Н.А. 77
Трубецков А.Д. 369
Уланова Т.С. 158, 223
Устинова О.Ю. 362
Федоров В.Н. 77
Хасанова А.А. 123
Хисматуллин Д.Р. 163, 216
Худобородов А.И. 371
Цинкер М.Ю. 43, 403
Чекмизов В.А. 98
Челакова Ю.А. 212
Черникова Е.Ф. 275
Чечекова Ю.О. 139
Чигвинцев В.М. 25, 163, 216
Шайхлисламова Э.Р. 102
Ширинкина А.С. 212, 355
Штина И.Е. 351, 362
Штрек С.В. 186
Щербаков А.А. 351
Эйсфельд Д.А. 351, 362

Содержание

Раздел I. Научно-методическая поддержка и практика реализации национальных проектов

Н.Х. Давлетнуров, Е.Г. Степанов, Г.Я. Пермина, А.С. Жеребцов
Итоги реализации мероприятий федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» национального проекта «Демография» в Республике Башкортостан в 2019 г. и задачах на 2020–2024 гг. 7

М.В. Глухих
Образование населения и уровни потребления алкогольной продукции как факторы, влияющие на ожидаемую продолжительность жизни населения РФ 16

А.М. Андришунас, М.В. Глухих, В.М. Чигвинцев
Причины и факторы, влияющие на качество атмосферного воздуха в Российской Федерации 25

Д.К. Князев
Анализ современных тенденций загрязнения атмосферного воздуха г. Волгограда и его влияния на здоровье населения 30

Л.А. Глебова, А.В. Бачина, А.Н. Лукьянова
Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски здоровью населения на примере Беловского городского округа Кемеровской области – Кузбасса 34

Раздел II. Оценка рисков здоровью в системе социально-гигиенического мониторинга и санитарно-эпидемиологического надзора: методология и практика

М.Р. Камалтдинов, М.Ю. Цинкер
Совершенствование алгоритмов планирования контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора в рамках риск-ориентированного подхода 43

Ю.С. Калашников, И.И. Механтьев, Ю.И. Стёпкин
Оценка санитарно-гигиенической и эпидемиологической безопасности мест рекреационного водопользования населения на реке Дон 49

А.В. Иваненко, Е.В. Судакова, В.В. Дворянов, Е.М. Осипова, Е.В. Бестужева, А.С. Кузнецов
Использование данных Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга по разделу «Показатели радиационной безопасности объектов окружающей среды и среды обитания людей» в оценке риска для здоровья населения г. Москвы 56

В.Ю. Парамонов, В.А. Кирюшин, Е.А. Паненкова, В.В. Кучумов, Т.В. Моталова
Результаты оценки риска для здоровья населения Рязанской области при употреблении воды из систем хозяйственно-питьевого водоснабжения 60

Л.В. Славнухина, А.Г. Перевозчиков, Т.В. Карлова, Н.А. Котомина
Санитарно-гигиеническая оценка опасности отработанных автомобильных покрышек при их вторичном использовании как элементов благоустройства различных селитебных территорий 68

В.Н. Федоров, Ю.А. Новикова, А.А. Ковшов, Н.А. Тихонова, И.О. Мясников
Мониторинг состояния атмосферного воздуха в городах Ленинградской области: проблемы и перспективы 77

Л.А. Глебова, А.В. Бачина, Т.В. Симонова, В.В. Браиловский
Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха и риски здоровью населения в г. Киселёвске Кемеровской области – Кузбасса 84

К.А. Савина
Оценка неблагоприятных неканцерогенных эффектов питьевой воды для здоровья населения Саратовской области 89

Б.В. Нимаева, Л.А. Михайлова, С.Э. Лапа, Н.М. Бурлака, М.А. Смолянинова
Анализ содержания тяжелых металлов и мышьяка в почве горнорудных территорий Забайкальского края 94

Ю.А. Панкратова, М.Н. Конькова, В.А. Чекмизов
Оценка гигиенических условий питьевого водопользования засушливых территорий в Саратовской области 98

Э.Ф. Кабирова, А.И. Борисова, Е.Р. Абдрахманова, Л.М. Масягутова, Э.Р. Шайхлисламова, А.Б. Бакиров
Мероприятия по снижению риска развития тяжелых форм заболеваний органов дыхания от загрязнения атмосферного воздуха у трудоспособного населения 102

Д.В. Кряжев, Г.Б. Ермолина, Е.В. Борискина
База данных, содержащая информацию о штаммах коагулазонегативных стафилококков, циркулирующих в стационарах разного профиля г. Нижнего Новгорода 108

Р.Г. Билалова, А.А. Титова, О.Н. Панкратова, Е.В. Калеева
Результаты ведения токсикологического мониторинга в Республике Татарстан 114

Т.К. Валеев, Р.А. Сулейманов, Л.Р. Рахматуллина
Гигиеническая оценка качества воды поверхностных и подземных водоисточников на территориях нефтепереработки и нефтехимии 117

А.А. Хасанова
Выделение приоритетных климатогеографических факторов для включения в дальнейшую оценку риска здоровью населения (на примере территорий Крайнего Севера) 123

Раздел III. Оценка качества безопасности пищевой продукции

И.Г. Винокурова, Е.Л. Овчинникова, Е.В. Дондукова
Риски здоровью населения Омской области при воздействии вредных химических веществ, загрязняющих продовольственное сырье и продукты питания 133

Ю.О. Чечекова
Оценка качества безопасности пищевой продукции 139

Е.В. Андриевская, О.С. Воронцова, С.И. Войтенко, Л.Л. Белышева
Определение натамицина в полимерных покрытиях для сыра методом высокоэффективной жидкостной хроматографии 149

М.М. Васильева, М.В. Анисович, И.И. Ильюкова
Гигиеническая оценка риска при применении препарата для предпосевной обработки семян на основе ацетамиприда, тебуконазола и азоксистробина 153

М.О. Старчикова, Т.С. Уланова, Т.Д. Карнажицкая
Изучение эффективности извлечения рифампицина из питьевого молока методом жидкостной экстракции с предварительным омылением пробы 158

В.М. Чигвинцев, Д.Р. Хисматуллин, Д.А. Кирьянов
Анализ влияния нарушений в структуре питания на возникновение отклонений здоровья среди взрослого населения 163

Д.Ю. Субботина, Т.В. Нурисламова
Аналитический обзор зарубежных методов определения ацетофенона в пищевой упаковке 170

Раздел IV. Развитие системы диагностики, профилактики и коррекции заболеваний, ассоциированных с факторами среды обитания

М.С. Куриганова, О.А. Стряпченко, М.М. Жарникова
Обзор применяемых дезинфицирующих средств для профилактики COVID-19 в медицинских организациях г. Иркутска в период с фераля по июнь 2020 г. 177

А.А. Самойлова, И.В. Лихачев, Е.В. Рогачева
Разработка отечественных наборов для определения чувствительности клинически значимых микроорганизмов к антибактериальным препаратам 180

С.Ю. Зеликман, Г.В. Березкина, Н.В. Рудаков, С.В. Штрек, А.Х. Нурпейсова
Серомониторинг лиц профессиональной группы риска по зоонозным бактериальным инфекциям в Омской области 186

А.М. Воробьев, М.Н. Анурова, А.В. Алешкин, В.А. Гущин, Д.В. Васина, Н.П. Антонова, А.И. Лаишевцев, И.А. Киселева, Э.Р. Зулькарнеев, Е.О. Рубальский, Э.Р. Мехтиев
Перспективы применения рекомбинантных белков бактериофагов для терапии инфекций, вызванных полирезистентными бактериями 188

В.М. Лахтин, М.В. Лахтин, А.В. Мелихова, И.Ю. Давыдкин, В.Ю. Давыдкин
Постбиотики – составляющая лектиновой суперсистемы поддержки здоровья 192

М.С. Степанков
Исследование и сравнительная оценка функциональной кумуляции наночастиц оксида меди (II) при многократной пероральной экспозиции 202

Ю.А. Челакова, О.В. Долгих, А.С. Ширинкина
Особенности иммунной регуляции у взрослого населения, проживающего в условиях аэрогенной экспозиции алюминием 212

Д.Р. Хисматуллин, В.М. Чигвинцев, Д.А. Кирьянов
Оценка влияния показателей несбалансированного питания на изменение показателей иммунной системы 216

М.В. Волкова
Научный руководитель – д-р биол. наук Т.С. Уланова
К вопросу токсичности редкоземельных элементов 223

Раздел V. Современные аспекты медицины труда. Оценка профессиональных рисков здоровью работников

В.Л. Рачеев, О.И. Денисова
Ретроспективный анализ рисков развития вибрационной болезни по данным оценки качества производственной среды на предприятиях Тульской области 229

Ю.А. Горюнова
Влияние производственных факторов аптечной среды на здоровье работников 234

А.М. Сержантов
Современные аспекты медицины труда. Оценка профессиональных рисков здоровью работников от виброакустических факторов 244

И.В. Лапко, К.В. Климкина
Влияние производственных факторов на состояние костно-мышечной системы работников промышленных предприятий 249

М.Н. Кузнецов, С.А. Захаров
Гигиеническая оценка радиационной безопасности рабочих мест при получении криптоно-ксеноновой смеси на примере предприятия ООО «Эр Ликид Северсталь» 253

И.Г. Ненахов, Ю.И. Стёпкин
Степень развития синдрома профессионального выгорания сотрудников ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» в зависимости от характера профессиональной деятельности 257

А.И. Маликова, Р.Ф Сагадиева, Н.Р. Газизова
Факторы риска развития болезней сердечно-сосудистой системы у работников нефтехимического производства 262

Д.М. Вагапова
Когнитивная дисфункция у работников агропромышленного комплекса Республики Башкортостан 265

О.А. Казакова, О.В. Долгих
Особенности иммунного статуса женщин с патологией репродуктивной системы в условиях экспозиции ароматическими углеводородами на текстильном производстве 269

Н.А. Никоношина, О.В. Долгих
Особенности иммунной регуляции у работающих с патологией сердечно-сосудистой системы в условиях воздействия вредных производственных факторов предприятия по добыче нефти 272

Е.*Ф. Черникова, В.А. Скворцова, В.П. Телюпина, М.М. Некрасова*
Сменный труд и образ жизни металлургов как факторы риска развития ожирения 275

В.Е. Крийт, Ю.Н. Сладкова
Оценка функционального состояния систем кровообращения и дыхания у пожарных с различным стажем профессиональной деятельности в зависимости от полиморфных вариантов генов регуляторов метаболизма 283

А.В. Винникова, А.М. Повалишина, Г.Г. Панчева, Н.А. Осипова, А.И. Рымарь
Актуальные вопросы профессиональной заболеваемости в Республике Коми 289

А.А. Панкина, А.Ю. Бражников
Возрастная структура популяционного иммунитета против кори 293

Раздел VI. Оценка и управление рисками для здоровья детей и подростков в местах проживания, в образовательных учреждениях, организациях отдыха и оздоровления

О.В. Моргачёв
Влияние дифференцированной организации физического воспитания младших школьников на уровень риска избыточной массы тела 301

Е.В. Пескова
Оценка изменений биохимических показателей состояния костной ткани и активности процессов окисления у детей, проживающих в районе Крайнего Севера 308

Д.Н. Лир, А.В. Казанбаева, В.А. Легостина
Гигиеническая оценка образовательного процесса в средней общеобразовательной организации 313

Ю.В. Кольдибекова, Н.И. Булатова
Идентификация технологией протеомного анализа белков нервной системы в плазме крови у детей, подвергающихся сочетанному воздействию разнородных факторов 316

М.В. Семенихина, И.И. Новикова, А.В. Сорокина, Е.В. Серенко
Изучение нарушений осанки обучающихся в общеобразовательных организациях после введения ограничений по использованию устройств мобильной связи 326

Е.В. Васильев, М.В. Перекусихин, В.В. Васильев, А.П. Дмитриев
Основные тенденции заболеваемости детского населения в Пензенской области за 1991–2019 гг. ... 332

Л.Н. Маврина, Л.Н. Тимерьянова
Основы организации режима дня и работоспособности обучающихся образовательных организаций ... 339

В.Н. Долич, Н.Е. Комлева, В.А. Меденцов, Т.А. Новикова
Роль эргономических факторов в развитии нарушений состояния опорно-двигательного аппарата у учащихся ... 344

Г.С. Лебедева, А.В. Медведева, А.Н. Малышева, С.М. Смыслова
Гигиеническая оценка учебной нагрузки в разных типах образовательных учреждений г. Череповца и ее влияние на состояние здоровья школьников ... 348

А.Н. Болтачева, И.Е. Штина, А.А. Щербаков, Д.А. Эйсфельд
Оценка функциональных резервов дыхательной и сердечно-сосудистой систем по значению индекса Скибинской у учащихся кадетского корпуса ... 351

А.А. Мазунина, О.В. Долгих, М.А. Гусельников, А.С. Ширинкина
Полиморфизм гена *CPOX* (rs1131857) у детского населения территорий Сибири (на примере Красноярского края и Республики Бурятия) ... 355

И.Н. Аликина, О.В. Долгих
Использование клеточных маркеров апоптоза для оценки влияния условий Крайнего Севера на здоровье детей ... 358

И.Е. Штина, С.Л. Валина, О.Ю. Устинова, О.А. Маклакова, Д.А. Эйсфельд
Актуальные вопросы организации питания учащихся кадетского корпуса ... 362

К.С. Жиров, А.Д. Трубецков
Особенности структуры массы тела и деятельности сердечно-сосудистой системы учащихся средних профессиональных образовательных организаций строительного профиля ... 369

В.М. Смирнова, А.И. Худобородов
Развитие системы профилактики заболеваний на примере подготовки вузов Москвы к новому учебному (2020–2021) году в условиях сохраняющихся эпидемиологических рисков ... 371

Раздел VII. Информационные технологии и математическое моделирование при проведении исследований в области гигиены и эпидемиологии

Е.М. Студеникина, Ю.И. Стёпкин, О.В. Клепиков
Оценка риска здоровью и обеспечение гигиенической безопасности городского населения с использованием геоинформационных систем ... 379

А.В. Косарев, Д.Е. Иванов, К.А. Савина
Математическая модель изменения гигиенического риска, обусловленного питьевым употреблением воды, в ходе ее подготовки 388

А.В. Кравцов, Е.П. Сарапина, Т.В. Захаренко, И.В. Соловьева
Объемно-пространственное распределение постоянного магнитного поля в кабинетах магнитно-резонансной терапии 392

Г.Г. Побединский, С.А. Сарсков, М.В. Вьюшков
Прототип раздела эпидемиологического атласа «Мониторинг заболеваемости COVID-19» 394

М.Ю. Цинкер
Моделирование течения запыленного водуха в нижних дыхательных путях человека для задач оценки рисков здоровью 403

Л.С. Китаева
Критерии оценки интерфейсов для проектирования web-ГИС медико-эпидемиологического назначения 407

Д.Н. Кошурников
Объемная модель акустического воздействия транспортного шума как инструмент планирования городской территории 415

Авторский указатель 423

Научное издание

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

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

(Пермь, 5–9 октября 2020 г.)

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

Корректор
М.Н. Афанасьева

Подписано в печать 09.10.2020. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 35,0. Тираж 200. Заказ № 89/2020.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии «Книжный формат».
Адрес: 614000, г. Пермь, ул. Пушкина, 85.