



Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии»
Министерства здравоохранения Российской Федерации



№ 4

**Russian Journal of
Environmental and Rehabilitation Medicine**

Российский журнал экологической и восстановительной медицины

ISSN: 2949-083

Москва 2022 год

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РЕАБИЛИТАЦИИ И КУРОРТОЛОГИИ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЭЛЕКТРОННОЕ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ
RUSSIAN JOURNAL OF ENVIRONMENTAL AND REHABILITATION MEDICINE (RJERM)
РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ (РЖЭВМ)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:

Бобровницкий Игорь Петрович, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН

Заместители главного редактора:

Фесюн Анатолий Дмитриевич, д.м.н.

Фесюн Анатолий Дмитриевич, д.м.н.

Нагорнев Сергей Николаевич, д.м.н., проф.

Нагорнев Сергей Николаевич, д.м.н., проф.

Ответственный секретарь: Березкина Елена Сергеевна, к.б.н.

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Агасаров Лев Георгиевич, д.м.н., проф.

Айвазян Татьяна Альбертовна, д.м.н., проф.

Алексанин Сергей Сергеевич, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН

Бадтиева Виктория Асланбековна, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН

Бояринцев Валерий Владимирович, д.м.н., проф.

Бухтияров Игорь Валентинович, д.м.н., проф., акад. РАН

Герасименко Николай Федорович, д.м.н., акад. РАН

Гильмутдинова Лира Талгатовна, д.м.н., проф.

Гончаров Сергей Федорович, д.м.н., проф., акад. РАН

Даминов Вадим Дамирович, д.м.н.

Ефименко Наталья Викторовна, д.м.н., проф.

Ингель Фаина Исаковна, д.б.н.

Капцов Валерий Александрович, д.м.н., чл.-корр. РАН

Киричук Анатолий Александрович, д.б.н.

Князева Татьяна Александровна, д.м.н., проф.

Кончугова Татьяна Венедиктовна, д.м.н., проф.

Корчажкина Наталья Борисовна, д.м.н., проф.

Круглова Лариса Сергеевна, д.м.н., проф.

Кузьмина Людмила Павловна, д.б.н., проф.

Мешков Николай Алексеевич, д.м.н., проф.

Митрохин Олег Владимирович, д.м.н., проф.

Пономаренко Геннадий Николаевич, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН

Пузин Сергей Никифорович, д.м.н., проф., акад. РАН

Рахманин Юрий Анатольевич, д.м.н., проф., акад. РАН

Рачин Андрей Петрович, д.м.н., проф.

Русаков Николай Васильевич, д.м.н., проф., акад. РАН

Рыбников Виктор Юрьевич, д.м.н., д.п.н., проф.

Салтыкова Марина Михайловна, д.б.н.

Сичинава Нина Владимировна, д.м.н.

Скальный Анатолий Викторович, д.м.н., проф.

Ушаков Игорь Борисович, д.м.н., проф., акад. РАН

Хан Майя Алексеевна, д.м.н., проф.

Хотимченко Сергей Анатольевич, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН

Хрипач Людмила Васильевна, д.б.н.

Шабров Александр Владимирович, д.м.н., проф., акад. РАН

Шакула Александр Васильевич, д.м.н., проф.

Шашлов Сергей Валентинович, к.м.н.

Юдин Владимир Егорович, д.м.н., проф.

Юрова Ольга Валентиновна, д.м.н., проф.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Разумов Александр Николаевич, д.м.н., проф., акад. РАН
(Москва) – председатель

Быков Анатолий Тимофеевич, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН
(Сочи) – заместитель председателя

Беляев Анатолий Федорович, д.м.н., проф. (Владивосток)

Белякин Сергей Анатольевич, д.м.н., проф. (Москва)

Бойко Евгений Рафаилович, д.м.н., проф. (Сыктывкар)

Владимирский Евгений Владимирович, д.м.н., проф. (Пермь)

Воевода Михаил Иванович, д.м.н., проф., акад. РАН (Новосибирск)

Гигинеишвили Георгий Ревазович, д.м.н., проф. (Москва)

Гильмутдинова Ильмира Ринатовна, к.м.н. (Москва)

Горбатова Любовь Николаевна, д.м.н., проф. (Архангельск)

Гусакова Елена Викторовна, д.м.н. (Москва)

Еделев Дмитрий Аркадьевич, д.м.н., проф. (Москва)

Зилов Вадим Георгиевич, д.м.н., проф., акад. РАН (Москва)

Каспаров Эдуард Вильямович, д.м.н., проф. (Красноярск)

Куликова Наталья Геннадьевна, д.м.н., проф. (Москва)

Левицкий Евгений Федорович, д.м.н., проф. (Томск)

Никитюк Дмитрий Борисович, д.м.н., проф., акад. РАН (Москва)

Полунина Наталья Валентиновна, д.м.н., проф., акад. РАН (Москва)

Попов Валерий Иванович, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН (Воронеж)

Рассулова Марина Анатольевна, д.м.н., проф. (Москва)

Соколов Александр Владимирович, д.м.н., проф. (Московская обл.)

Тутельян Виктор Александрович, д.м.н., проф., акад. РАН (Москва)

Чашин Максим Валерьевич, д.м.н., проф. (Санкт-Петербург)

Giancarlo Pantaleoni, проф. (Рим, Италия)

Olga Palumbo (Лугано, Швейцария)

Umberto Solimene, проф. (Милан, Италия)

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО

Выпуск включает статьи, подготовленные по материалам III Национального конгресса с международным участием по экологии человека, гигиене и медицине окружающей среды «СЫСИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2022»

Уважаемые читатели, коллеги!



Выпуск данного журнала посвящен III Национальному конгрессу с международным участием по экологии человека, гигиене и медицине окружающей среды «Сысинские чтения — 2022», который проходил на базе ФГБУ «ЦСП» ФМБА России 16–18 ноября 2022 г. Особо знаменательно, что в этом же году мы отмечаем 75 лет Федеральному медико-биологическому агентству.

Выражая свою признательность коллегам за приверженность делу и профессионализм, хотелось бы отметить, что проблемы развития медицинской науки в нашей стране, как и во всем мире, достаточно сложны и обладают огромной социальной значимостью. Эффективное управление рисками общественному здоровью в условиях современных угроз призвано обеспечить безопасность будущих поколений и напрямую влияет на качество жизни людей в настоящем. В современном техногенном мире одними из наиболее значимых разделов медицинской науки являются научно-прикладные исследования и разработки, направленные на сбережение, восстановление и укрепление здоровья человека в условиях воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды и деятельности, в областях экологии человека, гигиены, эпидемиологии, диагностики и профилактики инфекционных и неинфекционных заболеваний. И в этой связи очень важно, что работа Конгресса «Сысинские чтения» направлена на консолидацию усилий по развитию научно обоснованных методических подходов в области профилактической медицины и повышение качества здравоохранения в области гигиены окружающей среды.

Конгресс является ежегодным научно-практическим мероприятием, способствующим обмену опытом и знаниями, а также уникальной научно-образовательной площадкой для укрепления научных связей и расширения компетенции врачей, биологов и экологов. Я убежден, что рассматриваемые на Конгрессе вопросы позволят объединить накопленный опыт в области профилактической медицины и безопасности окружающей среды.

*С уважением,
генеральный директор ФГБУ «ЦСП» ФМБА России,
доктор медицинских наук, профессор
С.М. Юдин*

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

УДК 614.7

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ЗДОРОВЬЕ

Гололобова Т.В.* , Юдин С.М.

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

Резюме. Повышение ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет является необходимым условием для обеспечения естественного прироста населения — одной из национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 г., утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации. Здоровье человека и окружающая среда неразрывно связаны между собой. Существует объединенный пакет как национальных, так и международных документов, регулирующих проведение оценки антропогенного воздействия на здоровье человека и окружающую среду с целью выявления, предотвращения, смягчения последствий данного влияния. Для реализации Вышеуказанной цели предложена концепция информационно-аналитической системы «Окружающая среда — здоровье», направленная на получение достоверной информации о сочетанном влиянии факторов окружающей среды на здоровье населения. Для формирования информационно-аналитической системы «Окружающая среда — здоровье» требуется работа по двум базовым направлениям. Во-первых, непосредственно на территории необходимо проведение научных исследований, которые будут включать несколько «блоков» работ. Сбор и анализ информации о состоянии здоровья населения, уровнях загрязнения окружающей среды промышленными объектами и т.д. А во-вторых, создание информационно-аналитической системы, которая будет консолидировать все данные о состоянии как о состоянии окружающей среды, так и о состоянии здоровья

* Адрес для переписки:

Гололобова Татьяна Викторовна, TGololobova@cspmz.ru

Цитирование: Гололобова Т.В., Юдин С.М. Окружающая среда и здоровье. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 4: 3-11.

Citation: Gololobova T.V., Yudin S.M. Environment and health. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 4: 3-11.

населения на Территории с последующим формированием паспорта Территории, а также анализом полученных данных. Вся эта информация будет необходима для выявления конкретных неблагоприятных факторов окружающей среды, вносящих вклад в формирование заболеваемости населения Территории и разработки комплексных программ профилактики заболеваемости и минимизации вредного сочетанного действия факторов окружающей среды.

Ключевые слова: окружающая среда, здоровье населения, мониторинг.

Введение

Повышение ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет является необходимым условием для обеспечения естественного прироста населения — одной из национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 г., утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации. Ключевыми инструментами реализации являются шесть национальных проектов и восемь государственных программ, такие как проекты «Здравоохранение», «Демография», «Экология» и государственные программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения», «Развитие физической культуры и спорта», «Охрана окружающей среды». Для реализации Вышеуказанной цели предложена концепция информационно-аналитической системы «Окружающая среда — здоровье», направленная на получение достоверной информации о сочетанном влиянии факторов окружающей среды на здоровье населения*.

Материалы и методы

В работе выполнен анализ и предложена концепция информационно-аналитической системы «Окружающая среда — здоровье», направленная на получение достоверной информации о сочетанном влиянии факторов окружающей среды на здоровье населения, что необходимо для планирования и реализации эффективных профилактических мероприятий, способствующих увеличению продолжительности жизни и снижению бремени болезней.

Результаты и обсуждение

* «Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 г.» (утв. Правительством РФ 07.05.2019 N 4043п-П13).

Начиная с 2004 г. ожидаемая продолжительность жизни при рождении в Российской Федерации постепенно увеличивалась, так в 2004 г. она составляла 65,31 года, а в 2017 г. составила уже 72,70 года. Однако необходимость стабильного развития государства требует обеспечения естественного прироста населения, что возможно при дальнейшем снижении смертности и увеличении продолжительности жизни [1].

Почти четверть всей смертности в мире, эксперты Всемирной организации здравоохранения связывают с ее загрязнением. Например, в 2017 г. из 55,4 млн смертей от неинфекционных заболеваний 12 млн были вызваны воздействием факторов окружающей среды, лидирующее положение в причинах смерти занимают болезни системы кровообращения (БСК) и злокачественные новообразования [2]. Анализ, проведенный методом математического моделирования по данным 2012 г. показал, что каждая 10-я смерть от БСК в России связана только с загрязнением атмосферного воздуха [3]. Химические вещества, попадая в окружающую среду, влияют на здоровье населения, через воздух, питьевую воду, пищевые продукты, использование различных потребительских товаров, проживание на загрязненных территориях. В России производится более 16 тысяч видов химической продукции на более чем 7,6 тыс. предприятий. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), около 90 % людей во всем мире дышат загрязненным воздухом. Также, экспертами ВОЗ отмечено, что за последние 6 лет загрязнение атмосферного воздуха оставалось стабильно высоким [4]. Соответственно, это является одним из ведущих факторов риска для здоровья населения, связанных с окружающей средой, и вызывающих патологию как дыхательной, так и сердечно-сосудистой системы [5-18]. Влияние неблагоприятного качества питьевой воды на состояние здоровья населения и показатели заболеваемости доказано во многих отечественных и зарубежных исследованиях [1,19-28]. Однако лишь небольшая доля известных химических веществ подверглась тщательной и всесторонней оценке, а оценка рисков для здоровья человека не всегда проводится с учетом наиболее восприимчивых групп населения (дети, женщины, отдельные категории работников) к неблагоприятному воздействию химических веществ.

Как показали исследования последнего десятилетия, загрязнение окружающей среды (ОС) химическими веществами и длительное ионизирующее облучение в малых дозах оказывают на здоровье человека негативное влияние посредством одних и тех же механизмов. Основными такими механизмами являются окислительный стресс, воспаление и индуцируемая им дисфункция эндотелия кровеносных сосудов. Таким образом, негативное влияние загрязнения окружающей среды усиливает влияние производственных

факторов, прежде всего, длительного облучения в малых дозах, поскольку и механизмы, и органы-мишени этого влияния сходные.

По данным Роспотребнадзора в Российской Федерации в 2021 г. на 79,4 миллиона человек влияли химические факторы окружающей среды, на 68,3 миллиона человек влияли биологические факторы и на 53,8 миллиона человек влияли физические факторы и более трети населения на протяжении значительного времени подвергается сочетанному влиянию химического, биологического загрязнений и негативному влиянию физических факторов [29]. В целом, доля нарушений здоровья населения страны достоверно ассоциированных с негативными факторами среды обитания — качеством атмосферного воздуха, питьевых вод, почв — в динамике постепенно снижается, что является, в том числе, следствием реализации комплексных мер при осуществлении надзорной и профилактической деятельности соответствующих ведомств, однако составляет 15–35 % в зависимости от региона.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 11.03.2019 № 97 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 г. и дальнейшую перспективу»*, а также распоряжением Правительства Российской Федерации от 28.08.2019 № 1906-р «О плане мероприятий по реализации Основ государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 г. и дальнейшую перспективу»† в рамках приоритетных направлений выделяются мониторинг химических и биологических рисков и развитие ресурсного обеспечения национальной системы химической и биологической безопасности. Приоритетными направлениями Государственной политики в области химической и биологической безопасности являются: мониторинг химических и биологических рисков и осуществление комплекса мероприятий по нейтрализации химических и биологических угроз, предупреждению и минимизации химических и биологических рисков, повышению защищенности населения и окружающей среды от негативного воздействия опасных химических и биологических факторов, а также оценка эффективности указанных мероприятий [30].

* Указ Президента РФ от 11.03.2019 N 97 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 г. и дальнейшую перспективу».

† Распоряжение Правительства РФ от 28.08.2019 N 1906-р «Об утверждении плана мероприятий по реализации Основ государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. и дальнейшую перспективу».

В настоящее время на территории Российской Федерации в соответствии со статьей 63.1 Федерального закона от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» осуществляется государственный экологический мониторинг окружающей среды [31] и социально-гигиенический мониторинг (СГМ), созданный в 1994 г. [32]. Однако она не всегда отражает истинную картину химического загрязнения окружающей среды, а контроль факторов среды обитания проводится в ряде случаев бессистемно и по ограниченному перечню показателей, либо по обобщенным показателям, не учитывающим специфику регионального загрязнения окружающей среды. Кроме того, сформировавшаяся система мониторинга факторов окружающей среды основана на токсикологических данных, требующих актуализации с учетом современных методов исследований и организации контроля. Указанное приводит к недоучету реального уровня загрязнения окружающей среды химическими веществами и, как следствие, неэффективным управленческим решениям по снижению риска здоровью населения. Ключевым аспектом для планирования и осуществления оперативных профилактических мероприятий, направленных на снижение риска здоровью населения, является наличие достоверной информации о факторах окружающей среды воздействующих на население.

Учитывая вышеизложенное, представляется концепция информационно-аналитической системы «Окружающая среда — здоровье», направленная на получение достоверной информации о сочетанном влиянии факторов окружающей среды на здоровье населения, что необходимо для планирования и реализации эффективных профилактических мероприятий, способствующих увеличению продолжительности жизни и снижению бремени болезней на территориях, обслуживаемых ФМБА России (далее — Территории).

Для формирования информационно-аналитической системы «Окружающая среда — здоровье» требуется работа по двум базовым направлениям. Во-первых, непосредственно на территории необходимо проведение научных исследований, которые будут включать несколько «блоков» работ. Сбор и анализ информации о состоянии здоровья населения, уровнях загрязнения окружающей среды промышленными объектами, натурные исследования факторов окружающей среды позволят разработать паспорт Территории и сформировать программу мониторинга, включающую методы автоматического непрерывного контроля приоритетных показателей. А во-вторых, создание информационно-аналитической системы, которая будет консолидировать все данные о состоянии как о состоянии окружающей среды, так и о состоянии здоровья

населения на Территории с последующим формированием паспорта Территории, а также анализом полученных данных, а именно:

1. Расчет экспозиционного риска.
2. Оценка риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду, при воздействии биологических агентов и за счет длительного равномерного техногенного облучения в малых дозах.
3. Оценка риска для здоровья населения при сочетанном воздействии факторов окружающей среды.
4. Выявление зависимости показателей заболеваемости и смертности населения от особенностей среды обитания.

Вся эта информация будет необходима для выявления конкретных неблагоприятных факторов окружающей среды, вносящих вклад в формирование заболеваемости населения Территории и разработки комплексных программ профилактики заболеваемости и минимизации вредного сочетанного действия факторов окружающей среды.

Заключение

Реализация концепции позволит достичь следующих целевых показателей, как результатов внедрения профилактических мероприятий по снижению заболеваемости и смертности от неинфекционных заболеваний в условиях влияния неблагоприятных факторов окружающей среды на территориях, обслуживаемых ФМБА России:

1. Снижение смертности от неинфекционной патологии, обусловленной факторами окружающей среды, на Территории.
2. Снижение заболеваемости неинфекционной патологии, обусловленной факторами окружающей среды, на Территории.
3. Повышение ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет.

Финансирование: Исследования проводились в инициативном порядке в ФГБУ «ЦСП» ФМБА России.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Литература / References:

1. «Единый план по достижению национальных целей развития и на плановый период до 2030 г.» (утв. распоряжением Правительства РФ от 01.10.2021 № 2765-р) (с изм.

от 24.12.2021).

"Consolidated Plan to Achieve National Development Goals and for the Planning Period up to 2030" (approved by RF Government Decree No. 2765-r of 01.10.2021) (modified on 24.12.2021) (In Russ.).

2. Preventing non-communicable diseases (NCDs) by reducing environmental risk factors. Geneva: World Health Organization; 2017. 16 p.

3. Росстат, <https://rosstat.gov.ru/folder/13721>.

Federal State Statistics Service <https://eng.rosstat.gov.ru/health>.

4. WHO. Во всем мире 9 человек из 10 дышат загрязненным воздухом. 2018. URL: <https://www.who.int/ru/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>.

WHO. 9 Out of 10 people worldwide breathe polluted air, but more countries are taking action. URL: <https://www.who.int/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>.

5. GBD 2016 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2017; 390(10100): 1345-1422. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32366-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32366-8).

6. Kurt O.K., Zhang J., Pinkerton K.E. Pulmonary health effects of air pollution. *Curr Opin Pulm Med*. 2016; 22(2): 138-143. <https://doi.org/10.1097/MCP.0000000000000248>.

7. Ortega-García J.A., Sánchez-Solís M., Ferrís-Tortajada J. Contaminación atmosférica y salud de los niños [Air pollution and children's health]. *An Pediatr (Barc)*. 2018; 89(2): 77-79. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2018.04.017>.

8. Pierangeli I, Nieuwenhuijsen MJ, Cirach M, Rojas-Rueda D. Health equity and burden of childhood asthma - related to air pollution in Barcelona. *Environ Res*. 2020; 186: 109067. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.109067>.

9. Landrigan P.J., Fuller R., Acosta N.J.R. The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet*. 2018 Feb 3;391(10119):462-512. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0).

10. State of Global Air 2020. URL: <https://www.stateofglobalair.org/>.

11. Air pollution: how it affects our health. URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/health-impacts-of-air-pollution>.

12. Khilnani G.C., Tiwari P. Air pollution in India and related adverse respiratory health effects: past, present, and future directions. *Curr Opin Pulm Med*. 2018; 24(2): 108-116. <https://doi.org/10.1097/MCP.0000000000000463>.

13. Schulz H., Karrasch S., Bölke G., Cyrus J., Hornberg C., Pickford R., Schneider A., Witt C., Hoffmann B. Atmen: Luftschadstoffe und Gesundheit – Teil II [Breathing: Ambient Air Pollution and Health - Part II]. *Pneumologie*. 2019; 73(6): 347-373. <https://doi.org/10.1055/a-0895-6494>.

14. Manisalidis I., Stavropoulou E., Stavropoulos A., Bezirtzoglou E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Front. Public Health*. 2020; 8: 14. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>.

15. Air Quality Guidelines for Europe. 2nd Ed. 2020. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf.

16. Голиков Р.А., Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения (обзор литературы). *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2017; 5: 20-31.

Golikov R.A., Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Steiger V.A. Impact of environmental pollution on public health (review of literature). *Scientific Review. Medical Sciences*. 2017; 5: 20-31 (In Russ.).

17. Фирулина И.И., Сидоров А.А., Лазарева Н.В., Дягилев А.В. Атмосферный воздух и риски здоровья на примере Самарской области и Республики Татарстан. Проблемы развития предприятий: теория и практика. 2019; 1-3: 156-163.

Firulina I.I., Sidorov A.A., Lazareva N.V., Dyagilev A.V. Atmospheric air and health risks on the example of the Samara Region and the Republic of Tatarstan. *Problems of enterprise development: theory and practice*. 2019; 1-3: 156-163 (In Russ.).

18. Холодов А.С., Кириченко К.Ю., Задорнов К.С., Голохваст К.С. Влияние твердых взвешенных частиц атмосферного воздуха населенных пунктов на здоровье человека. Вестник Камчатского государственного технического университета. 2019; 49: 81-88. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2019-49-81-88>.
- Kholodov A.S., Kirichenko K.Y., Zadornov K.S., Golokhvast K.S. Effect of particulate matter in the air of residential areas on human health. Bulletin of Kamchatka State Technical University. 2019; 49: 81-88. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2019-49-81-88> (In Russ.).
19. WHO. Drinking-water. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
20. Levallois P., Villanueva C.M. Drinking Water Quality and Human Health: An Editorial. Int J Environ Res Public Health. 2019; 16(4): 631. <https://doi.org/10.3390/ijerph16040631>.
21. Li L., Yang H., Xu X. Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review, Frontiers in Environmental Science. 2022; 10: 880246. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.880246>.
22. Prüss-Ustün A., Wolf J., Bartram J., Clasen T., Cumming O., Freeman M.C., Gordon B., Hunter P.R., Medlicott K., Johnston R. Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes: An updated analysis with a focus on low- and middle-income countries. Int J Hyg Environ Health. 2019; 222(5): 765-777. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.05.004>.
23. Adimalla N., Li P. Occurrence, Health Risks, and Geochemical Mechanisms of Fluoride and Nitrate in Groundwater of the Rock-Dominant Semi-Arid Region, Telangana State, India. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2018; 25: 81-103. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1480353>.
24. Li P., Wu J. Drinking Water Quality and Public Health. Expo Health. 2019; 11: 73-79. <https://doi.org/10.1007/s12403-019-00299-8>.
25. Saraswati S.P., Ardion M.V., Widodo Y.H., Hadisusanto S. Water Quality Index Performance for River Pollution Control Based on Better Ecological Point of View (A Case Study in Code, Winongo, Gadjah Wong Streams). Journal of the Civil Engineering Forum. 2019; 5(1): 47. <https://doi.org/10.22146/jcef.41165>
26. WHO. Guidelines for Drinking-Water Quality. Geneva, Switzerland, 4th edition. 2011. URL: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/53080/retrieve>.
27. Dinocourt C., Legrand M., Dublineau I., Lestaevel P. The neurotoxicology of uranium. Toxicology. 2015; 337: 58-71. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2015.08.004>.
28. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 г.: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2022. 340 с.
On the State of Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population in the Russian Federation in 2021: State Report. Moscow: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare. 2022. 340 с. (In Russ.).
29. Указ Президента РФ от 11.03.2019 №97 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 г. и дальнейшую перспективу».
Presidential Decree of 11.03.2019 № 97 "On the Fundamentals of State Policy of the Russian Federation in the field of chemical and biological security for the period up to 2025 and beyond" (In Russ.).
30. Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ (ред. от 26.03.2022) «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2022). Статья 63.1. Единая система государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды).
Federal Law No. 7-FZ dated 10.01.2002 (revised on 26.03.2022) "On Environmental Protection" (with amendments and additions, effective from 01.09.2022). Article 63.1: Unified system of state environmental monitoring (state environmental monitoring) (In Russ.).
31. Федеральный закон от 30.03.1999 №52-ФЗ (ред. от 04.11.2022) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» Статья 45. Социально-гигиенический мониторинг.

Federal Law No. 52-FZ dated March 30, 1999 (ed. on 04.11.2022) "On Sanitary and Epidemiological Welfare of Population" Article 45. Social and hygienic monitoring (In Russ.).

ENVIRONMENT AND HEALTH

Gololobova T.V., Yudin S.M.

Federal State Budgetary Institution "Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks" of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Abstract. Increasing life expectancy to 78 years is a necessary condition for ensuring natural population growth - one of the national development goals of the Russian Federation for the period up to 2024, approved by a decree of the Government of the Russian Federation. Human health and the environment are inextricably linked. There is a combined package of both national and international documents regulating the assessment of anthropogenic impact on human health and the environment in order to identify, prevent, and mitigate the consequences of this impact. To achieve the above goal, the concept of the information-analytical system "Environment — health" is proposed, aimed at obtaining reliable information about the combined influence of environmental factors on the health of the population. For the formation of the information and analytical system "Environment — Health" work is required in two basic areas. Firstly, it is necessary to carry out scientific research directly on the territory, which will include several "blocks" of work. Collection and analysis of information on the state of public health, levels of environmental pollution by industrial facilities, etc. And secondly, the creation of an information and analytical system that will consolidate all data on the state of both the state of the environment and the state of health of the population in the Territory, followed by the formation of a passport of the Territory, as well as analysis of the data obtained. All this information will be necessary to identify specific adverse environmental factors that contribute to the formation of morbidity in the population of the Territory and the development of comprehensive programs for the prevention of morbidity and minimization of the harmful combined effects of environmental factors.

Keywords: environment, public health, monitoring, information and analytical system.

Сведения об авторах

Гололобова Татьяна Викторовна, д.м.н., заместитель генерального директора, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0001-9033-5223>

Юдин Сергей Михайлович, д.м.н., профессор, генеральный директор, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0002-7942-8004>

УДК 616.5-002-056.43:616.34-008.87

**ЛАКТОБАЦИЛЛЫ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ МИКРОБИОТЫ КИШЕЧНИКА И ИХ
ЗНАЧЕНИЕ В ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ЧЕЛОВЕКА**

**Загайнова А.В. *, Федец З.Е., Панькова М.Н., Новожилов К.А.,
Грицюк О.В., Курбатова И.В.**

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

Резюме. В статье затронуты вопросы о влиянии лактобацилл на систему иммунитета человека и поддержки нормального гомеостаза микробиоты человека за счет проявления антагонизма в отношении патогенных и потенциально-патогенных микроорганизмов, который обусловлен образованием как молочной кислоты, так и других антимикробных и антибиотикоподобных веществ: лизоцима, перекиси водорода, бактериоцинов (лактацинов), короткоцепочечных жирных кислот. Лактобациллы обладают разнообразными биологическими свойствами, активно участвуют в обменных и регуляторных процессах макроорганизма и представляют интерес как объект изучения для разработки пробиотических препаратов, продуктов функционального питания, способов коррекции микрoэкологических нарушений человека.

Ключевые слова: лактобациллы, кишечная микробиота, антогонизм, лизоцимы, бактериостатины, кисломолочные бактерии.

В последние десятилетия ученые всего мира пришли к заключению, что «помимо сердца, почек, печени у человека есть еще один жизненно важный орган — микробиота,

* Адрес для переписки:
Зайганова Анжелика Владимировна, angelikaangel@mail.ru

Цитирование: Загайнова А.В., Федец З.Е., Панькова М.Н., Новожилов К.А., Грицюк О.В., Курбатова И.В. Лактобациллы как составная часть микробиоты кишечника и их значение в физиологическом состоянии человека. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 4: 12-25.

Citation: Zagainova A.V., Fedets Z.E., Pankova M.N., Novozhilov K.A., Gritsyuk O.V., Kurbatova I.V. Lactobacilles as a component of the intestinal microbiota and their significance in the physiological state of humans. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 4: 12-25.

развитие которого начинается не в утробе матери, а с момента рождения» [1]. Микробиота — это триллионы микроорганизмов, находящихся в основном в кишечнике, в сотни раз превышает таковую собственных клеток человеческого организма [2-5]. Установлено, что микробиота играет важную роль в поддержании здоровья, влияет на поведение и характер человека, а также может служить высоко информативным маркером и прогностическим критерием заболеваний [2,6].

По итогам глобального проекта «Микробиом человека» определено, что количество видов в микробиоценозах человека составляет около 3500. При секвенировании генетического материала микробов, выделенных из организма молодых здоровых людей, установлено, что они имеют около 2 миллионов уникальных генов, число которых составляет 99 % от числа всех генов человека. В человеческом геноме найдено только 25000 генов [1,7].

Исследования в области микробной экологии продемонстрировали, что присутствующие в организме человека в огромных количествах разнообразные, прежде всего анаэробные бактерии, играют важную роль в метаболизме протеинов, углеводов, жиров, нуклеиновых кислот, в водно-солевом обмене, обладают детоксикационной активностью, продуцируют биологически активные соединения. Нарушения в этой сложной экосистеме нередко сопровождаются развитием различных патологических состояний. В частности, установлено, что язвенная болезнь, атеросклероз, мочекаменная болезнь, некоторые формы новообразований, аллергические проявления и многие другие распространенные в человеческой популяции острые и хронические заболевания в той или иной степени связаны с дисбалансом микрофлоры макроорганизма [8,9].

Особенно обильна микрофлора нижних отделов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) — более 500 видов, а число анаэробных бактерий в 100–1000 раз превышает таковое аэробных здорового взрослого человека. Ряд исследователей рассматривает нормальную микрофлору в качестве чуткого индикатора физиологического состояния человека при воздействии различных факторов, в частности стрессовых ситуаций, медицинского вмешательства, включая хирургическое и лекарственное воздействие, промышленных ядов, пестицидов, радиации и т.п.

По данным Шендерова Б.А. [10] почти половину зарегистрированных в Швеции фармакологических средств способны вызвать побочные эффекты в ЖКТ, дисбаланс микрофлоры. Негативно отражается на здоровье человека употребление в пищу

рафинированных и высококалорийных продуктов, снижение приема витаминов, антиоксидантов и других важных для здоровья компонентов.

В данной публикации обобщены литературные данные по вопросу значения одной из важных составляющих микробиоты ЖКТ в физиологическом состоянии человека — молочнокислых бактерий.

В человеческом организме лактобактерии заселяют весь пищеварительный тракт от ротовой полости до прямой кишки. Их количественное содержание в полости рта здоровых людей составляет 3–4 lg КОЕ/мл [11]. По данным Н.А. Глушановой и А.И. Блинова [12], содержание резидентных лактобацилл в слюне здоровых людей в возрасте 25-30 лет ($n = 30$) колеблется от 2,3 до 3,3 lg КОЕ/мл. В количестве 3 lg КОЕ/мл они обнаруживаются в желудке, в тощей и подвздошной кишках их количество находится в пределах 2–5 lg КОЕ/мл. Больше всего лактобактерий находят в толстом кишечнике, где один из видов *Lactobacillus casei* составляет в среднем 9,5 % от общего числа микрофлоры [13]. Количественное содержание лактобацилл в фекалиях человека мало зависит от возраста и составляет в норме 7,7–8,0 lg КОЕ/г с колебаниями в пределах 6–10 lg КОЕ/г. Численность лактобактерий в сочетании с бифидобактериями коррелирует с феноменом долгожительства у одной из этнических групп населения Кавказа. В этом случае количество лактобацилл с возрастом не уменьшалось и сохранялось на высоком уровне даже у лиц старше 95 лет [13].

Одним из наиболее известных биологических свойств лактобацилл является выраженная способность к продукции молочной кислоты [14,15]. Антагонизм молочнокислых бактерий в отношении микроорганизмов обусловлен образованием как молочной кислоты, так и продукцией других антимикробных и антибиотикоподобных субстанций: лизоцима [16], перекиси водорода [17,18], бактериоцинов (лактацинов) [18-21], короткоцепочечных жирных кислот [22].

Отдельные виды лактобацилл продуцируют диацетил, который при низком значении рН среды задерживает скорость роста кишечных палочек, микобактерий туберкулеза и некоторых грамположительных бактерий [23].

Danielson A.D. с соавт. [24] и Gilliland S.E. с соавт. [25] была установлена способность *Lactobacillus acidophilus* частично ассимилировать холестерин, вводимый с пищей, и понижать его уровень в сыворотке крови свиней. Уровень снижения холестерина *in vitro* в жидкой среде, содержащей 0,2–0,4 % желчи составил 30–80 %.

Однако в некоторых работах отмечено отсутствие параллелизма между интенсивностью образования молочной кислоты и антагонистической активностью лактобацилл [19,26-29]. В связи с этим образование молочной кислоты не расценивается как единственный критерий их антагонистической активности [19]. Среди антагонистически активных штаммов бактерий встречаются слабые кислотообразователи, а культуры с выраженным кислотообразованием могут проявлять себя как слабые антагонисты [30].

Исследования, проведенные Biffi A. et al. [31] *in vivo* и *in vitro* показали противоопухолевую активность лактобацилл при раке толстой кишки, когда одним из факторов риска является повышенный уровень растворимых желчных кислот в фекалиях, и снижение риска рака молочной железы у женщин, потребляющих кисломолочные продукты с лактобактериями. Авторы рекомендуют использование кисломолочных продуктов, содержащих лактобактерии и бифидобактерии для лечения диареи, вызванной антибиотиками, ротавирусной инфекцией, сенной лихорадки, артрита, астмы, рака мочевого пузыря, молочной железы, прямой кишки, при запорах, болезни Крона, кариеса зубов, диабета, диареи при расстройстве пищеварения, повышенного газообразования, болезней желчного пузыря, желудка, рака желудка, гриппа, гастроэзофагеальной рефлюксной болезни, инфекции, обусловленной *H. pylori*, высокого уровня холестерина, высокого артериального давления, воспалительных заболеваний кишечника, синдрома раздраженного кишечника, железодефицитной анемии, заболеваний сердца, непереносимости лактозы, ожирения, остеопороза, инфекций поджелудочной железы, язвы желудка, побочных эффектов от излучения, которые влияют на работу желудка, дыхательных путей, туберкулеза, язвенного колита и инфекции мочевыводящих путей.

Противоопухолевое действие лактобацилл, по-видимому, происходит за счет их участия в биотрансформации желчных кислот и стероидных гормонов, щавелевой кислоты, контроле уровня сывороточного холестерина и сахара крови [32-34]. Это действие лактобацилл может быть связано с их способностью ингибировать образование канцерогенов и инактивировать фекальные бактериальные энзимы, конвертирующие проканцерогены, β -гиалуронидазы, азоредуктазы, нитроредуктазы, β -глюкозидазы, β -глюкуронидазы, а также с их способностью продуцировать гликопептиды, ферменты, бактериоцины, которые повышают функциональную активность мононуклеарных фагоцитов, стимулируют иммунную систему макроорганизма [12,35].

Рядом авторов — Orrhage K. et al. и Reddy B.S. [36,37] установлено, что энтеральное введение молочнокислых бактерий способствовало не только снижению количества растворимых желчных кислот в фекалиях, но и нейтрализации канцерогенных нитрозаминов.

Имеются многочисленные сведения о влиянии лактобацилл на систему иммунитета, которое проявляется в стимуляции фагоцитарной активности нейтрофилов, макрофагов, синтеза иммуноглобулинов, образования интерферонов, интерлейкинов и фактора некроза опухолей [30,38-40]. По данным Т.К. Лопатиной с соавт. представители рода *Lactobacillus* стимулируют подавленную иммунную систему и не влияют на иммунную систему, находящуюся в нормальном состоянии [41].

Молочнокислые бактерии подобно другим микроорганизмам, способны и комменсализму. Установлено что они стимулируют размножение и кислотообразование бифидобактерий [12,42]. На основании экспериментальных исследований И.В. Черняевой [42] было установлено, что при повышении титра бифидобактерий за счет введения бифидосодержащего препарата наблюдается повышение количества лактобактерий, снижение воспалительного процесса в слизистой оболочке кишечника белых крыс с токсическим повреждением тетрахлорметаном и дисбактериозе, вызванном введением рифампицина.

Наличие прямой корреляционной связи между содержанием бифидобактерий и лактобактерий ($r = 0,66$) подтверждено исследованиями М.А. Шестопаловой [43]. Авторами установлено, что в группе *H. pylori*-положительных пациентов содержание лактобактерий, пептострептококков и бактериоидов достоверно превышало ($p < 0,05$) их количество по сравнению с группой контроля, а также регистрировалось достоверно более высокое ($p < 0,05$) содержание бифидобактерий относительно *H.pylori*-негативных больных.

Установлено антагонистическое действие лактобактерий в отношении широкого круга аэробных и факультативно-анаэробных грамотрицательных и грамположительных бактерий, в том числе сальмонелл, шигелл, клостридий, псевдомонад, стафилококков, стрептококков, листерий, некоторых видов грибов [30,44]. Наиболее выражена эта активность у представителей видов *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. casei*, *L. fermentii*, *L. buchneri* [19].

Установлено, что лактобациллы проявляют высокую антагонистическую активность в отношении токсигенных *Clostridium difficile* [20,21], избирательно — патогенных

энтеробактерий [22], а также широкого круга представителей аутохтонной баткерриальной флоры [22].

Лактобациллы обладают способностью к адгезии, что обуславливает их важную роль в поддержании колонизационной резистентности. Kabir A.M. et al. на модели гнотобиотических мышей, предварительно получивших дозу лактобацилл, установил, что лактобациллы предотвращали колонизацию животных *Helicobacter pylori*, возбудителя язвенной болезни человека и животных [48].

Показано [49,50], что *Lactobacillus gasseri* деконъюгируют мурихолиевую и таурохолиевую кислоты с образованием свободных желчных кислот, а также глицина и таурина у гнотобиологических крыс. Эти же бактерии активно влияют на холестериновый метаболизм. Продемонстрировано, что многие виды лактобацилл являются активными продуцентами гидролитических ферментов, осуществляющих деконъюгацию коэнзимов желчных кислот [51].

Микроорганизмы, которые обитают в кишечнике, продуцируют большое количество физиологически активных субстанций, котролирующих пищеварительные и эндокринные функции, обмен веществ. Лактобактерии наряду с другими микроорганизмами синтезируют В₁₂ [52], бактерициноподобные антибиотики [53], стимулируют продукцию интерферона- γ , интерлейкина-1 ν , интерлейкина-6 [53], активировали у грызунов макрофаги, что увеличивает фагоцитарную способность, повышают противоопухолевую устойчивость мышей [54]. Предложено использовать ацидофильные лактобациллы для лечения у больных ВИЧ-инфекции [55]. На усилении фагоцитарной активности, стимуляции иммунных механизмов указано в публикации [56].

Оральное введение животным больших доз (10^{10} клеток) живых молочнокислых бактерий предотвращало развитие инфекции, вызванной последующим введением патогенных простейших (*Cryptosporidium parvum*) [57].

Антагонистическая активность лактобацилл может сочетаться с высокой адгезивностью, способностью формировать биопленку на поверхности слизистых [54], препятствующую проникновению посторонних бактерий, предотвращающую колонизацию слизистых патогенными бактериями [58].

Доказана способность лактобацилл стимулировать иммуногенез, активизировать систему мононуклеарных фагоцитов [59]. Исследование механизмов активации иммунной системы за счет нормальной микрофлоры кишечника показало, что в частности лактобациллы выделяют низкомолекулярные пептиды, необходимые для иммунного

ответа [60]. Микробные пептиды являются стимуляторами развития и функций лимфатических клеток, оказывают влияние на фагоцитоз бактериальных, вирусных и грибковых частиц и их антигенов на реакцию лимфоцитов в отношении цитотоксинов [61]. Показано, что нормальная микрофлора участвует в защите от токсигенных соединений, поступающих в организм с пищей, водой, воздухом и / или образующихся внутри его [62]. В процессе детоксикации происходит биотрансформация с образованием нетоксических конечных продуктов, микробная трансформация с образованием метаболитов, увеличение скорости экскреции из организма. Нормальная микрофлора является естественным биосорбентом, аккумулируя токсические продукты. Доказана антимуtagenная роль нормальной микрофлоры [62,63]. Метаболиты, выделяемые пробиотическими бактериями, например, бактериоцины, могут рассматриваться как современная альтернатива антибиотикам [63]. Спектр данных метаболитов и их биологическая активность до сих пор остаются предметом изучения.

Показано [64], что анаэробные бактерии нормальной микрофлоры разрушают более широкий спектр токсических веществ, а эти процессы идут более эффективно. Способность микроорганизмов человека к энзиматической и неэнзиматической инактивации антибиотиков на 57-90 % продемонстрировали Minelli E.B. с соавт. [65].

Показана [66] способность кишечных бактерий в том числе лактобацилл связывать различные пиролизаты, в основе этого процесса лежит механизм катионного обмена, в результате чего пиролизаты утрачивают свою мутагенную активность.

Способностью связывать гетероциклические амины, образующиеся при термической обработке продуктов питания, и тем самым снижая их генотоксический потенциал, обладают молочнокислые бактерии микрофлоры кишечника [66,68]. Микроорганизмы кишечника детоксицируют соли тяжелых металлов путем перевода их в нетоксические соединения, сорбции на своей поверхности и последующего выведения [69]. Щавелевая кислота при избыточном поступлении с пищей нейтрализуется за счет разрушения лактобациллами и другими микроорганизмами [70]. Обнаружена способность лактобацилл к биоразрушению п-аминоазобензола, анилина, фенола, кризола, разложению цианидов, детергентов, пестицидов, капролактама [71], декарбоксилировать фенилуксусную кислоту и другие ароматические поллютанты, попадающие в организм человека при производстве альдегидов, синтетических отдушек [72], лекарственные препараты (например, дигоксин) [72, 73]. Установлено, что с фекалиями выводятся из организма поступающие с пищей и водой серебро, марганец, медь, таллий, свинец, цинк, кадмий, железо,

металлическая ртуть [74]. Представлен обзор данных об участии микрофлоры ЖКТ в метаболизации потенциально токсичных соединений (азокрасителей, солей тяжелых металлов, мутагенов, нитратов, желчных кислот, стероидных гормонов) [75-77].

Таким образом, лактобациллы обладают разнообразными биологическими свойствами, активно участвуют в обменных и регуляторных процессах макроорганизма и представляют интерес как объект изучения для разработки пробиотических препаратов, продуктов функционального питания, способов коррекции микробиологических нарушений.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Литература / References:

1. Блейзер М. Плохие бактерии, хорошие бактерии: Как повысить иммунитет и победить хронические болезни, восстановив микрофлору. Захаров А.В. (пер.). 2016. М. «Эксмо». Blazer M. Bad bacteria, good bacteria: How to increase immunity and defeat chronic diseases by restoring microflora. Zakharov A.V. (ed.). 2016. М. Eksmo (In Russ.).
2. Алескеев Д. Богатый внутренний мир. URL: <https://nauchkor.ru/media/bogatyy-vnutrenniy-mir-56b5fb425f1be7077e0004ca> (01.12.2022). Aleskeyev D. Rich inner world URL: <https://nauchkor.ru/media/bogatyy-vnutrenniy-mir-56b5fb425f1be7077e0004ca> (01.12.2022) (In Russ.).
3. Коварский Б.А., Алексеев Д.Г. Анализ генетического разнообразия в метагеноме кишечника человека. Конференция молодых ученых НИИ ФХМ, Москва. 2013; 14. Kovarsky B.A., Alekseev D.G. Analysis of genetic diversity in human intestinal metagenome. Conference of young scientists of the Research Institute of PhCM, Moscow. 2013; 14 (In Russ.).
4. Коварский Б.А., Попенко А.С., Тяхт А.В., Мазин П., Алексеев Д.Г. Анализ генетической изменчивости кишечной микробиоты человека. Международная конференция «Высокопроизводительное секвенирование в геномике», Новосибирск, 2013. Kovarsky B.A., Popenko A.S., Tyah A.V., Mazin P., Alexeev D.G. Analysis of genetic variability of human intestinal microbiota. International Conference "High-throughput Sequencing in Genomics", Novosibirsk, 2013 (In Russ.).
5. Hood L, Heath JR, Phelps ME, Lin B. Systems biology and new technologies enable predictive and preventative medicine. *Science*. 2004; 306(5696): 640-643. <https://doi.org/10.1126/science.1104635>.
6. Алешкин, В.А. Микробиоценозы и здоровье человека Москва: Издательство «Династия». 2015. 548 с. Aleshkin, V.A. Microbiocenoses and Human Health Moscow: Dynasty Publishers. 2015. 548 с. (In Russ.).
7. Qin, J., Li, R., Raes, J. et al. A human gut microbial gene catalogue established by metagenomic sequencing. *Nature*. 2010; 464: 59–65. <https://doi.org/10.1038/nature08821>.
8. Frick J.S., Autenrieth I.B. The gut microflora and its variety of roles in health and disease. *Curr Top Microbiol Immunol*. 2013; 358: 273–289.
9. Gardner R.V., Allison M.J., Hartman P.A., et al. Factors influencing production of 5 (E)-19-

nor-10-keto-vitamin D3 by rumen bacteria. *J. Steroid Biochem.* 1987; 28(2): 335-339.

10. Шендеров Б.А. Медицинская микробная экология и функциональное питание. Т.1: Микрофлора человека и животных и ее функции. М.: Грантъ. 1998. 288 с.

Shenderov B.A. Medical microbial ecology and functional nutrition. Vol.I: Human and animal microflora and its functions. Moscow: Grant. 1998. 288 с. (In Russ.).

11. Глушанова Н.А. Биологические свойства лактобацилл. Бюллетень сибирской медицины. 2003; 4: 50-58.

Glushanova N.A. Biological properties of lactobacilli. *Bulletin of Siberian Medicine.* 2003; 4: 50-58 (In Russ.).

12. Глушанова Н.А., Блинов А.И. Исследование резидентной микрофлоры полости рта. Муниципальное здравоохранение в переходный период (проблемы, достижения, перспективы). Сб. трудов, посвященный 70-летию юбилею муниципальной клинической больницы № 5 г. Новокузнецка. Новокузнецк. 2000. 150-151.

Glushanova N.A., Blinov A.I. Study of the resident microflora of the oral cavity. *Municipal Health Care in the Transitional Period (Problems, Achievements, Prospects). Proceedings, dedicated to the 70th Anniversary of Municipal Clinical Hospital No.5 of the city of Novokuznetsk.* Novokuznetsk. 2000. 150-151 (In Russ.).

13. Коваленко Н.К. Биология молочнокислых бактерий пищеварительного тракта человека и животных. Автореф. дис. д-ра биол. наук. Киев. 1991. 29с.

Kovalenko N.K. Biology of lactic acid bacteria of human and animal digestive tract. Abstract diss. PhD. M. Kiev, 1991. 29с. (In Russ.).

14. Воробьев А.А., Лыкова Е.А. Бактерии нормальной микрофлоры: биологические свойства и защитные функции. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 1999; 6: 102-105.

Vorobyev A.A., Lykova E.A. Normal microflora bacteria: biological properties and protective functions. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology.* 1999; 6: 102-105 (In Russ.).

15. Куваева И.Б., Кузнецова Г.Г. Антагонистическая активность микробных популяций защитной флоры и ее связь с характеристикой микробиоценоза и факторами питания. Вопросы питания. 1993; 3: 46-50.

Kuvaeva I.B., Kuznetsova G.G. Antagonistic activity of microbial populations of protective flora and its relationship with the characteristics of microbiocenosis and nutritional factors. *Nutritional Issues.* 1993; 3: 46-50 (In Russ.).

16. Максимов В.И., Миловзорова Т.А., Молодова Г.А. О специфичности микробных лизоцимов. Успехи биологии и химии. 1988; 29: 218-230.

Maksimov V.I., Milovzorova T.A., Molodova G.A. On specificity of microbial lysozymes. *Adv. of Biology and Chemistry.* 1988; 29: 218-230 (In Russ.).

17. Condon S. Responses of lactic acid bacteria to oxygen. *FEMS Microbiol. Rev.* 1987; 46: 269-280.

18. Тюрин М.В. Антибиотикорезистентность и антагонистическая активность лактобацилл. Дисс. к.м.н. М. 1990. 146с.

Tyurin M.V. Antibiotic resistance and antagonistic activity of lactobacilli. Abstract diss. PhD. M. Moscow. 1990. 146с. (In Russ.).

19. Тюрин М.В., Шендеров Б.А. Рахимова Н.Г. и др. К механизму антагонистической активности лактобацилл. Журн. микробиол. 1989; 2: 3-8.

Tyurin M. V., Shenderov B.A. Rakhimova N.G. et al. To the mechanism of antagonistic activity of lactobacilli. *Jour. microbiol.* 1989; 2: 3-8. (In Russ.).

20. Andersson R.E., Daeschel M.A. Antibacterial activity of a bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum*. *Abstr. Annu. Meet. Amer. Soc. Microbiol.* 1987. 87th Annu. Meet. Atlanta. Ga. 1-6 Marth. 1987. Washington. D.C. 1987. 280.

21. Andersson R.E., Daeschel M.A., Hassan H.M. Antibacterial activity of plantaricin SIK-83,

- a bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum*. *Biochimie*. 1988; 70(3): 381-390.
22. Jay J.M. Antimicrobial properties of diacetyl. *Appl. Environ. Microbiol.* 1982; 44: 525-532.
23. Pidoux M., Brillionet J.M., Qwemener B. Characterization of the polysaccharides from a *Lactobacillus brevis* and from sugari kefir grains. *Biotechnol. Lett.* 1988; 10: 415-420.
24. Danielson A.D., Shahani K.M., Peo E.R., Whalen P.J. Anticholesteremic and antimicrobial properties of *Lactobacillus acidophilus* selective by isolated from porcine sources. *J. Dairy Sci.* 1987; 70(Suppl.1): 82.
25. Gilliland S.E., Nelson C.R., Maxwell C. *Lactobacillus acidophilus*. Assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*. *Appl. And Environ. Microbiol.* 1985; 49(2): 377-381.
26. Charteris W.P., Kelly P.M., Morelli L., Collins J.K. Selective detection, enumeration and identification of potentially probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* species in mixed bacterial population: a review. *Intern. J. Food Microbiol.* 1997; 35(1): 1-27.
27. Frank J.F. Mechanisms of pathogen inhibition by lactic acid bacteria. *Intern. Symp. Lactic Acid Bacteria and Human Health, 1979-1997*. Korean Publ. Health Ass.R-D Center, Korea, Yakult Co, LTD. 7th Symp. 1991. 293-300.
28. Lindgren S.E., Dobrogosz W.J. Antagonistic activities of lactic acid bacteria in food and feed fermentations. *FEMS Microbiol Rev.* 1990; 7(1-2): 149-63. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1990.tb04885.x>.
29. Tannock G.W. The microecology of lactobacilli inhabiting the gastrointestinal tract. *Review. Adv. Microb. Ecol.* 1990; 11: 147-171.
30. Иммунобиологические препараты и перспективы их применения в инфектологии. Под ред Г.Г. Онищенко, В.А. Алешкина, С.С. Афанасьева, В.В. Поспеловой. М.: ГОУ ВУНМЦ Минздрава РФ. 2002. 608 с.
Immunobiological preparations and prospects for their use in infectious diseases. Edited by G.G. Onishchenko, V.A. Alyoshkin, S.S. Afanasyev, V.V. Pospelova. Moscow: State Medical Academy of the Ministry of Public Health of the Russian Federation. 2002. 608 с. (In Russ.).
31. Biffi A., Coradini D., Larsen R., Riva L., Di Fronzo G. Antiproliferative effect of fermented milk on the growth of a human breast cancer cell line. *Nutr Cancer.* 1997; 28(1): 93-99. <https://doi.org/10.1080/01635589709514558>.
32. Максимов В.И., Миловзорова Т.А., Молодова Г.А. О специфичности микробных лизоцимов. *Успехи биологии и химии.* 1988. Т. 29. С. 218-230.
Maksimov V.I., Milovzorova T.A., Molodova G.A. On specificity of microbial lysozymes. *Advances in Biology and Chemistry.* 1988. Т. 29. 218-230 pp. (In Russ.).
33. Levison M.E., Corman L.C., Carrington E.R. et al. Quantitative microflora of the vagina. *Amer. J. Obstet. Gynec.* 1977; 127: 80.
34. Pidoux M., Brillionet J.M., Qwemener B. Characterization of the polysaccharides from a *Lactobacillus brevis* and from sugari kefir grains. *Biotechnol. Lett.* 1988; 10: 415-420.
35. Moore W.E., Moore L.H. Intestinal floras of populations that have a high risk of colon cancer. *Appl Environ Microbiol.* 1995; 61(9): 3202-3207. <https://doi.org/10.1128/aem.61.9.3202-3207.1995>.
36. Orrhage K., Sillerström E., Gustafsson J.A., Nord C.E., Rafter J. Binding of mutagenic heterocyclic amines by intestinal and lactic acid bacteria. *Mutat Res.* 1994; 311(2): 239-248. [https://doi.org/10.1016/0027-5107\(94\)90182-1](https://doi.org/10.1016/0027-5107(94)90182-1).
37. Reddy B.S. Health benefits of lactic acid bacteria in relation to cancer prevention. *Intern. Symp. Lactic Acid Bacteria and Human health. 1979-1997*. Korean Publ. Health Ass.R-D Center, Korea, Yakult Co, LTD. VIII Symp. 1993. 345-357.
38. Цой И.Г., Сапаров А.С., Тимофеева И.К. Иммуностимулирующее действие лактобактерий на цитотоксичность естественных клеток-киллеров и продукцию интерферона. *Журн. микробиол.* 1994; 6: 112-113.
Tsoy I.G., Saparov AS, Timofeeva I.K. Immunostimulatory effect of lactobacilli on cytotoxicity

- of natural killer cells and interferon production. *Journal of Microbiology*. 1994; 6: 112-113 (In Russ.).
39. Marteau P. Rambaud J.C. Potential of using lactic acid bacteria for therapy and immunomodulation in man. *FEMS Microbiol Rev.* 1993; 12(1-3): 207-20. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.1993.tb00019.x>.
40. Schiffrin E.J., Rochat F., Link-Amster H., Aeschlimann J.M., Donnet-Hughes A. Immunomodulation of human blood cells following the ingestion of lactic acid bacteria. *J Dairy Sci.* 1995; 78(3): 491-497. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76659-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76659-0).
41. Лопатина Т.К., Бляхер М.С., Николаенко В.Н. и др. Иммуномодулирующее действие препаратов - эубиотиков. *Вестн. РАМН.* 1997; 3: 30-34.
Lopatina T.K., Blyakher M.S., Nikolaenko V.N. et al. Immunomodulatory action of drugs - eubiotics. *Vestn. RAMS.* 1997; 3: 30-34. (In Russ.).
42. Черняева И.В. Влияние бифидосодержащего и фитобактериального средств на течение экспериментального дисбактериоза. Дисс. к.м.н. Улан-Удэ. 2006. 117 с.
Chernyaeva I.V. Influence of bifidobacterial and phytobacterial agents on the course of experimental dysbacteriosis. Abstract diss. PhD. M. Ulan-Ude. 2006. 117 с. (In Russ.).
43. Шестопалова М.А. Особенности микрофлоры желудочно-кишечного тракта при H.Pylori-ассоциированных хронических воспалительных заболеваниях верхних отделов органов пищеварения у детей. Дисс. к.м.н. Ростов-на-Дону. 2012. 167с.
Shestopalova MA Features of the microflora of the gastrointestinal tract in H.Pylori-associated chronic inflammatory diseases of the upper digestive tract in children. Diss. PhD. M. Rostov-on-Don. 2012. 167с. (In Russ.).
44. Ленцнер А.А., Ленцнер Х.П., Микельсаар М.Э. и др. Лактофлора и колонизационная резистентность. *Антибиотики и медицинская биотехнология.* 1987; 32(3): 173-179.
Lenzner A.A., Lenzner H.P., Mikelsaar M.E., et al. Lactoflora and colonization resistance. *Antibiotics and medical biotechnology.* 1987; 32(3): 173-179. (In Russ.).
45. Сухина М.А., Михалевская В.И., Чистякова Д.А., Луценко С.В. Ингибирование роста Clostridium difficile лактобактериями, изолированными из толстокишечного биотопа. Тез. XX междунар. конгресса МАКМАХ по антимикробной терапии и клинической микробиологии 23-25 мая 2018, г. Москва.
Sukhina MA, Mikhalevskaya VI, Chistyakova DA, Lutsenko SV Inhibition of growth of Clostridium difficile by lactobacilli isolated from the colonic biotope. Theses XX international congress МАКМАН on antimicrobial therapy and clinical microbiology, May 23-25, 2018, Moscow. (In Russ.).
46. Сухина М.А., Михалевская В.И., Ачкасов С.И., Сафин А.Л. Антагонизм лактобактерий против токсигенной Clostridium Difficile. *Колопроктология.* 2017; 3S: 82a-83.
Sukhina MA, Mikhalevskaya V.I., Achkasov S.I., Safin A.L. Antagonism of lactobacilli against toxigenic Clostridium Difficile. *Coloproctology.* 2017; 3S: 82a-83 (In Russ.).
47. Сухина М.А., Бургасова О.А., Жуховицкий В.Г., Ющук Н.Д. Антагонистическая активность лактобацилл толстой кишки. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии.* 2012; 1: 41-49.
Sukhina M.A., Burgasova O.A., Zhukhovitsky V.G., Yushchuk N.D. Antagonistic activity of lactobacilli of the colon. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology.* 2012; 1: 41-49. (In Russ.).
48. Kabir A.M., Aiba Y., Takagi A., Kamiya S., Miwa T., Koga Y. Prevention of Helicobacter pylori infection by lactobacilli in a gnotobiotic murine model. *Gut.* 1997; 41(1): 49-55. <https://doi.org/10.1136/gut.41.1.49>.
49. Owen R.W. The metabolism of Bile Acids. - In: *Microbial Metabolism in the Digestive Tract.* (ed. Hill M.J.). 1986.
50. Uchida K. Bile acid metabolism and intestinal bacteria. *J. Germfree Life Gnotobiol.* 1992; 22(1): 67-68.
51. Tannock G.W., Dashkevich M.P., Feighner S.D. Lactobacilli and bile salt hydrolase in the

- murine intestinal tract. *Appl. Environ. Microbiol.* 1989; 55: 1989-1992.
52. Thompson W.G., Freedman M.L. Vitamin B12 and geriatrics: unanswered questions. *Acta Haematol.* 1989; 82(4): 169-74. <https://doi.org/10.1159/000205371>.
53. Aattouri N., Lemonnier D. Involvement of CD Lymphocytes in the Production of Interferon Induced by Non-Pathogenic Bacteria. In: Old Herborn University Seminar Monograph. №8. Probiotics: Prospects of use in Opportunistic Infections (Eds. R. Fuller, P.J. Heidt, V. Rusch, D. van der Waaij). Germany. 1995.
54. Ленцнер А.А., Ленцнер Х.П., Микельсаар М.Э. и др. Лактофлора и колонизационная резистентность. Антибиотики и химиотерапия. 1987; 3: 173-179.
Lenzner A.A., Lenzner H.P., Mikelsaar M.E. et al. Lactoflora and colonization resistance. *Antibiotics and Chemotherapy.* 1987; 3: 173-179 (In Russ.).
55. Tihole F. Possible treatment of AIDS patients with live lactobacteria. *Med Hypotheses.* 1988; 26(1): 85-8. [https://doi.org/10.1016/0306-9877\(88\)90119-3](https://doi.org/10.1016/0306-9877(88)90119-3).
56. Moreau M.C. The modulating effects of fermented milks on the host's immune responses. *Abstr. XXI Intern. Congress Microb. Ecol. Disease. Paris, 28-30 October, 1996.*
57. De Simone C., Famularo G., Harp J.A., Tzantzoglou S., Chen W. Effect of lactobacilli on *Cryptosporidium parvum* infection in man and animals. *Microecol Ther.* 1995; 25: 32–36.
58. Rolfe R.D. Probiotics: prospects for use in *Clostridium difficile* - associated intestinal disease. In: Old Herborn University Seminar Monograph. №8. Probiotics: Prospects of use in Opportunistic Infections (eds. Fuller R., Heidt P.J., Rusch V., van der Waaij D.). 1995.
59. Berg R.D. Bacterial translocation from the gastrointestinal tract. In: *Medical Aspects of Microbial Ecology* (ed. B.A. Shenderov). *Trends Microbiol.* 1995; 3(4): 149-54.
60. Ink-Amster H., Rochat F., Saudan K.Y., Mignot O., Aeschlimann J.M. Modulation of a specific humoral immune response and changes in intestinal flora mediated through fermented milk intake. *FEMS Immunol Med Microbiol.* 1994; 10(1): 55-63. <https://doi.org/10.1111/j.1574-695X.1994.tb00011.x>.
61. Beuth J., Ko H.L., Roszkowski W., Roszkowski K., Ohshima Y. Lectins: mediators of adhesion for bacteria in infectious diseases and for tumor cells in metastasis. *Zentralbl Bakteriol.* 1990; 274(3): 350-358. [https://doi.org/10.1016/s0934-8840\(11\)80692-4](https://doi.org/10.1016/s0934-8840(11)80692-4).
62. Шендеров Б.А. Нормальная микрофлора и некоторые вопросы микроэкологической токсикологии. Антибиотики и медицинская биотехнология. 1987; 32(2): 18-24.
Shenderov B.A. Normal microflora and some questions of microecological toxicology. *Antibiotics and medical biotechnology.* 1987; 32(2): 18-24. (In Russ.).
63. Празднова Е.В. Антимутагенное действие пробиотиков как основа их биологического эффекта. Дисс. д.б.н. Ростов-на-Дону. 2020. 266 с.
Prazdnova E. V. Antimutagenic effect of probiotics as the basis of their biological effect. *Diss. MD Biol. Rostov-on-Don.* 2020. 266 с. (In Russ.).
64. Roy-Sole M. Microbes that eat toxins. *Canad. Geographic.* 1990; 110(3): 1103-1105.
65. Minelli E.B., Benini A., Vicentini L., Muner A., Antibiotics and their interaction with intestinal contents. *Microecol. Therapy.* 1995; 25: 57-63.
66. Morotomi M., Mutai M. In vitro binding of potent mutagenic pyrolysates to intestinal bacteria. *J Natl Cancer Inst.* 1986; 77(1): 195-201.
67. Orrhage K., Sillerström E., Gustafsson J.A., Nord C.E., Rafter J. Binding of mutagenic heterocyclic amines by intestinal and lactic acid bacteria. *Mutat Res.* 1994; 311(2): 239-48. [https://doi.org/10.1016/0027-5107\(94\)90182-1](https://doi.org/10.1016/0027-5107(94)90182-1).
68. Stidl R., Sontag G., Koller V., Knasmüller S. Binding of heterocyclic aromatic amines by lactic acid bacteria: results of a comprehensive screening trial. *Molecular nutrition & food research.* 2002; 52(3): 322–329. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200700034>.
69. Jeffrey W., Simon S. Bacterial resistance and detoxification of heavy metals. *Enzyme and Microb. Technol.* 1984; 6(12): 530-537. [https://doi.org/10.1016/0141-0229\(84\)90081-4](https://doi.org/10.1016/0141-0229(84)90081-4).

70. Степанчук Ю.Б. Кишечная микрофлора и метаболизм оксалатов. Дис. к.м.н. М. 1994. Stepanchuk Y.B. Intestinal microflora and oxalate metabolism. Abstr. diss. PhD. M. 1994. (In Russ.).
71. Смирнов В.В., Резник С.Р., Василевская И.А. Спорообразующие аэробные бактерии-продуценты биологически активных веществ. Киев. Наукова Думка. 1982. Smirnov V.V., Reznik S.R., Vasilevskaya I.A. Spore-forming aerobic bacteria-producers of biologically active substances. Kiev. Naukova Dumka. 1982. (In Russ.).
72. Sembiring T., Winter J. Anaerobic degradation of phenylacetic acid by mixed and pure cultures. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 1989; 31(1): 84-88 <https://doi.org/10.1007/BF00252533>.
73. Hänninen O., Lindström-Seppä P., Pelkonen K. Role of gut in xenobiotic metabolism. *Arch Toxicol.* 1987; 60(1-3): 34-36. <https://doi.org/10.1007/BF00296943>.
74. Lu L., Wu Y., Zuo L., Luo X., Large P.J. Intestinal microbiome and digoxin inactivation: meal plan for digoxin users? *World journal of microbiology & biotechnology.* 2014; 30(3): 791–799. <https://doi.org/10.1007/s11274-013-1507-x>.
75. Gregus Z., Klaassen C.D. Disposition of metals in rats: a comparative study of fecal, urinary, and biliary excretion and tissue distribution of eighteen metals. *Toxicol Appl Pharmacol.* 1986; 85(1): 24-38. [https://doi.org/10.1016/0041-008x\(86\)90384-4](https://doi.org/10.1016/0041-008x(86)90384-4).
76. Chhabra R.S. Intestinal absorption and metabolism of xenobiotics. *Environ Health Perspect.* 1979; 33: 61-9. <https://doi.org/10.1289/ehp.793361>.
77. Rowland IR, Mallett AK, Wise A. The effect of diet on the mammalian gut flora and its metabolic activities. *Crit Rev Toxicol.* 1985; 16(1): 31-103. <https://doi.org/10.3109/10408448509041324>.

LACTOBACILLES AS A COMPONENT OF THE INTESTINAL MICROBIOTA AND THEIR SIGNIFICANCE IN THE PHYSIOLOGICAL STATE OF HUMANS

Zagainova A.V., Fedets Z.E., Pankova M.N., Novozhilov K.A.,
Gritsyuk O.V., Kurbatova I.V.

Federal State Budgetary Institution “Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks” of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Abstract. The article reviews the influence of lactobacilli on the human immune system and support of normal homeostasis of human microbiota through antagonism to pathogenic and potentially pathogenic microorganisms due to the formation of both lactic acid and other antimicrobial and antibiotic-like substances: lysozyme, hydrogen peroxide, bacteriocins (lactacins), short-chain fatty acids. Lactobacilli have a variety of biological properties, actively participate in metabolic and regulatory processes of the macroorganism and are of interest as an object of study for the development of probiotic drugs, products of functional foods, methods of correction of human micro-ecological disorders.

Keywords: lactobacilli, intestinal microbiota, antagonism, lysozymes, bacteriostatins, lactic acid bacteria.

Сведения об авторах

Загайнова Анжелика Владимировна, к.б.н., заведующий лабораторией микробиологии и паразитологии, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-4772-9686>

Федец Злата Евгеньевна, младший научный сотрудник лабораторией микробиологии и паразитологии, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0002-2396-9231>

Панькова Марина Николаевна, биолог лаборатории микробиологии и паразитологии, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0002-9133-3665>

Новожилов Константин Андреевич, к.м.н., научный сотрудник лабораторией микробиологии и паразитологии, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0001-8154-0217>

Грицюк Ольга Вячеславовна, к.б.н., научный сотрудник лабораторией микробиологии и паразитологии, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0001-9728-3075>

Курбатова Ирина Валентиновна, к.б.н., научный сотрудник лабораторией микробиологии и паразитологии, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-3152-4862>

УДК 614.7

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД

Савостикова О.Н., Водянова М.А.*

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

Резюме. В работе представлены актуальные вопросы мониторинга качества сточных вод с учетом методических указаний и действующих нормативных документов, которые предъявляют требования к составу сточных вод. Вместе с тем, показаны: опыт исследователей по обнаружению лекарственных форм различных препаратов в объектах окружающей среды, а также необходимость решения ключевых вопросов по разработке аналитических методов и способах снижения рисков воздействия лекарственных препаратов на здоровье населения через объекты окружающей среды.

Ключевые слова: сточные воды, токсичность, лекарственные препараты, методы оценки, мониторинг.

Введение

В связи с возрастающей антропогенной нагрузкой и появлением все более стабильных в окружающей среде химических соединений и их смесей одним из актуальных направлений исследований является совершенствование системы их мониторинга и контроля.

О том, что немаловажное значение имеет загрязненность сточных вод химическими веществами и их смесями, многие из которых способны оказывать неблагоприятное влияние не только на органолептические свойства воды, но и на здоровье человека, отмечалось еще в Методических указаниях по гигиенической оценке использования

* Адрес для переписки:

Водянова Мария Александровна, MVodyanova@cspmz.ru

Цитирование: Савостикова О.Н., Водянова М.А. Актуальные вопросы мониторинга качества сточных вод. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 3: 26-38.

Citation: Savostikova O.N., Vodyanova M.A. Topical issues of monitoring of wastewater quality. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 3: 26-38.

доочищенных городских сточных вод в промышленном водоснабжении, утвержденных еще в 1985 г. [1]. Показано, что в процессе доочистки и обеззараживании сточных вод возможна трансформация химических соединений с увеличением степени токсичности обработанной воды, а также резкое ухудшение органолептических свойств. В этом документе также указано, что для проведения санитарно-химического лабораторного контроля за качеством сточных вод и выбора оптимального режима их обработки рекомендуется система показателей, включающая: биологическое и химическое потребление кислорода (БПК, ХПК); взвешенные вещества; металлы; специфические ингредиенты, зависящие от отрасли промышленности.

Уже в 2000 г. были утверждены Методические указания по организации Госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод [2], в которых наряду с проблемой очищения сточных вод отмечается, что проблемой также является и их разнообразный состав как по химическому, так и по биологическому загрязнению. Так, для хозяйственно-бытовых сточных вод характерно относительно стабильное качество, они отличаются высоким уровнем микробного загрязнения на фоне значительной концентрации взвешенных частиц и органических веществ. Состав и свойства городских смешанных сточных вод (промышленно-бытовых) имеют сочетанное загрязнение – микробное и химическое, при котором вещества могут быть дополнительными бактерицидами и бактериостатиками, служащие благоприятной средой для размножения микроорганизмов. Отдельно выделяются сточные воды инфекционных больниц и отделений, которые характеризуются небольшим объемом, неравномерностью образования и состава в течение суток, значительной обсемененностью возбудителями инфекций. Виды сточных вод имеют большее разнообразие, но почти все из них могут содержать патогенные микроорганизмы-возбудители таких инфекций как холера, брюшной тиф, паратиф А и В, сальмонеллез, дизентерия, вирусные гепатиты А и Е, полиомиелиты 1–3 типов и другие энтеровирусные и аденовирусные заболевания, амебиаз, лямблиоз, лептоспироз, бруцеллез, туляремия, туберкулез, гельминтозы, кампилобактериозы.

Пандемия коронавирусной инфекции внесла существенный вклад и в развитие системы очистки сточных вод. В Руководстве по профилактике и лечению новой коронавирусной инфекции COVID-19 [3] показано, что перед выпуском в городскую канализацию сточные воды должны проходить дезинфекцию путем обработки хлорсодержащим дезинфицирующим раствором (первоначальная обработка проводится раствором с концентрацией 40 мг/л активного хлора). Процесс дезинфекции должен

длиться не менее полутора часов. Концентрация хлорного остатка в дезинфицированных сточных водах должна дойти до 10 мг/л. Это особенно актуально в связи с исследованиями группы ученых из Нидерландов, которые показали, что обнаружение вирусной РНК в сточных водах, даже когда распространенность COVID-19 низкая, и корреляция между концентрацией в сточных водах и зарегистрированной распространенностью COVID-19, указывают на то, что надзор за сточными водами может быть чувствительным инструментом для мониторинга циркуляции вируса среди населения [4]. При этом, следует отметить, что данное исследование вызвало резонанс в средствах массовой информации (СМИ), вследствие чего специалистами Управления новой техники и технологий и Управления канализации АО «Мосводоканал» было подготовлено разъяснительное письмо относительно невозможности заражения коронавирусной инфекцией COVID-19 через сточную воду [5]. Авторы отметили, что государственный контроль за соблюдением качества очистки сточных вод, в том числе по микробиологическим показателям, осуществляют Роспотребнадзор, Росприроднадзор, а также Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы.

Таким образом, гигиеническая оценка сточных вод и контроль за соблюдением их качества должны строиться по единым критериям и методической схеме вне зависимости от субъекта или региона.

Материалы и методы

В работе использованы информационно-аналитические методы анализа баз данных Elibrary, Scopus, Web of Science, PubMed, а также данные из научных публикаций. Рассмотрены актуальные вопросы мониторинга качества сточных вод, в том числе с позиции соответствия нормативным документам. Методологическую основу исследований составил комплекс общенаучных методов изучения: аналитический, системно-структурный, сравнительный.

Результаты и обсуждение

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 22 мая 2020 г. № 728 «Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод и о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) [6] при осуществлении контроля состава и свойств сточных вод организация, осуществляющая водоотведение, проверяет фактические

концентрации загрязняющих веществ в сточных водах (фактические показатели состава сточных вод) и / или фактические показатели свойств сточных вод, сбрасываемых абонентами в централизованную систему водоотведения (канализации), на соответствие фактическим показателям состава и свойств сточных вод, указанным абонентами в декларации о составе и свойствах сточных вод, сбрасываемых абонентом в централизованную систему водоотведения (канализации), и / или нормативам состава сточных вод, требованиям к составу и свойствам сточных вод, отводимых в централизованные системы водоотведения, установленным Правилами холодного водоснабжения и водоотведения, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 29 июля 2013 г. № 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» в целях предотвращения негативного воздействия на работу централизованной системы водоотведения [7]. В рамках данного постановления разрабатывается «Декларация о свойствах и составе сточных вод».

В целях охраны водных объектов от загрязнений для объектов абонентов организаций, осуществляющих водоотведение, за исключением объектов, определенных Правилами холодного водоснабжения и водоотведения [7], Распоряжением Департамента жилищно-коммунального хозяйства города Москвы от 19 августа 2020 г. установлены нормативы состава сточных вод для объектов абонентов, отведение сточных вод от которых осуществляется в технологические зоны водоотведения различных очистных сооружений АО «Мосводоканал» [8]. Нормативы состава сточных вод для объектов абонентов, отведение сточных вод от которых осуществляется в технологическую зону водоотведения Курьяновских очистных сооружений АО «Мосводоканал» включает 19 показателей, в то время как аналогичные нормативы в поселке Щапово АО «Мосводоканал» включает только 9 показателей. По некоторым показателям также отличаются величины максимального допустимого значения концентрации (по валовому содержанию в натуральной пробе сточных вод) (табл. 1).

Для сравнения, согласно Постановлению № 1566 от 14.08.2020 г. «Об установлении нормативов состава сточных вод для объектов абонентов централизованных систем водоотведения муниципального образования «город Екатеринбург» утверждены нормативы состава сточных вод для объектов абонентов централизованных систем водоотведения муниципального образования «город Екатеринбург» (табл. 2) [9].

Перечень загрязняющих веществ сформирован на основании Приказа Нижне-Обского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов от 08.09.2017 № 85-НДС «Об утверждении нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов

Таблица 1. Нормативы состава сточных вод для объектов абонентов, отведение сточных вод от которых осуществляется в технологическую зону водоотведения Курьяновских очистных сооружений и в поселке Щапово АО «Мосводоканал» [8]

№	Наименование вещества (показателя)	Максимальное допустимое значение концентрации (по валовому содержанию в натуральной пробе сточных вод), мг/дм ³	
		Курьяновские очистные сооружения	Поселок Щапово
1.	Взвешенные вещества	300	300
2.	БПК полн.	148	300
3.	Аммоний-ион	2,4	50,0
4.	Фосфаты (по фосфату)	0,9	5,4
5.	Алюминий	1,29	–
6.	АСПАВ (анионные синтетические поверхностно-активные вещества)	5,4	7,9
7.	Железо	1,1	0,4
8.	Кадмий	0,015	–
9.	Марганец	0,04	–
10.	Медь	0,075	–
11.	Нефтепродукты (нефть)	1,10	4,59
12.	Никель	0,12	–
13.	Сульфат-анион (сульфаты)	103	121
14.	Сульфиды	0,500	–
15.	Фенол, гидроксibenзол	0,013	–
16.	Хлорид-анион (хлориды)	302	300
17.	Хром трехвалентный	0,18	–
18.	Цинк	0,17	–
19.	Трилон-Б (этилендиаминтетрауксусной кислоты динатриевая соль)	3,1	–

Примечание: – в перечне значение показателя и концентрации отсутствует.

Таблица 2. Нормативы состава сточных вод для объектов абонентов централизованных систем водоотведения муниципального образования «город Екатеринбург» [9]

№ п/п	Наименование показателя	Значение норматива состава сточных вод, мг/дм ³		
		Северный бассейн канализования	Южный бассейн канализования	Бассейн канализования «Северка»
1	Взвешенные вещества	300,00	96,80	31,48
2	БПК ₅	169,40	40,10	30,90
3	ХПК	500,00	176,90	–
4	Нефтепродукты	2,21	0,60	1,30
5	Сульфаты	80,10	69,00	90,44
6	Хлориды	53,54	72,00	139,0
7	Аммоний-ион	25,40	3,30	68,36
8	АПАВ	0,80	1,60	2,17
9	Фосфаты (по Р)	0,20	0,20	2,45
10	Сухой остаток	454,09	496,70	815,01
11	Фенол	0,008	0,023	–
12	Хром (6+)*	0,0128	0,01	–
13	Хром (3+)*	0,0107	0,01	–
14	Железо*	0,50	1,032	–
15	Цинк*	0,05	0,051	–
16	Медь*	0,0312	0,0175	–
17	Никель*	0,0099	0,0094	–
18	Алюминий*	0,17	0,22	–
19	Марганец*	0,20	0,10	–
20	БПК ₂₀	167,60	30,90	55,30

Примечание: * растворенная форма, – в перечне значение показателя и концентрации отсутствует.

в водные объекты», № 86-НДС «Об утверждении нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты», рассчитанных нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов с хозяйственно-бытовыми сточными водами после очистных

сооружений поселка Северка МУП «Водоканал» в реку Северка.

Следует также отметить, что периодичность отбора проб сточных вод, необходимых для определения усредненных значений концентрации загрязняющего вещества в сточных водах, поступающих на очистные сооружения организации, осуществляющей водоотведение, и усредненных значений концентрации данного загрязняющего вещества в сточных водах на выпуске сточных вод в водный объект с очистных сооружений организации, осуществляющей водоотведение (в целях определения показателя эффективности удаления загрязняющего вещества очистными сооружениями организации, осуществляющей водоотведение), составляет 1 раз в месяц и/или 1 раз в 3 месяца в зависимости от категории очистных сооружений по объему сброса сточных вод в водный объект (м³/сут.) [7].

В СанПиН 1.2.3685-21 [10] введён перечень новых контролируемых санитарно-микробиологических и паразитологических показателей безопасности для обеззараженных сточных вод и поверхностных водных объектов. Показано, что содержание в воде взвешенных веществ не природного происхождения (хлопья гидроксидов металлов, образующихся при обработке сточных вод, частички асбеста, стекловолокна, базальта, капрона, лавсана) не допускается. Для некоторых показателей методы определения в действующих методических документах отсутствуют.

В результате проведённых исследований по изучению состава сточных вод в городе Москве [11] были выделены и идентифицированы из сточных вод на всех этапах очистки *P. aeruginosa*, *E. coli*, *R. ornithinolytica*, *A. hydrophila*, *A. caviae*, *A. molluscorum*, *E. hirae*, *E. faecium*, *E. faecalis*; *C. perfringens*, *S. lutetiensis*, *S. suis*, установлено высокое грибковое загрязнение, а также обнаружена ДНК аденовируса группы F (как в образцах сточных, так и поверхностных вод) и дополнительно РНК ротавируса и норовируса, ДНК кампилобактера. РНК вируса *SarsCov-2* ни в одной пробе не обнаружена. Выявлены *Lambliа spp.*, *Blastocystis spp.* и *Cryptosporidium parvum*; условно патогенные *Entamoeba spp.*; яйца гельминтов *Toxocara spp.*, *Hymenolepis diminuta*, *Hymenolepis nana*, *Ascaris lumbricoides*, онкосферы яиц *Tenia spp.*; личинки *Nematodes spp.*

Вместе с тем, загрязненность сточных вод химическими веществами и их смесями широко описана в отечественной и зарубежной литературе [12-17].

В последние годы также возросло поступление в окружающую среду органических микро и нанополлютантов — «эмерджентных микрополлютантов», включающих органические химикаты промышленного, сельскохозяйственного и домашнего назначения

[18]. Существует 2 основных источника загрязнения эмерджентными поллютантами почв и растений: 1 — при удобрении почв сточными водами и их осадками, 2 — при орошении почв оборотными водами. Особенно сильно на биоту (микроорганизмы, дождевые черви и др.) влияют лекарства.

Группы исследователей экспериментально доказывают, что в сточных водах обнаруживаются противоопухолевые препараты, лекарственные средства, в том числе запрещенные к применению, и другие высокотоксичные вещества, для которых отсутствуют допустимые значения в сточных водах. Косвенные методы оценки токсичности сточных вод, например, с использованием методов биотестирования на пресноводном ракообразном *Daphnia magna* и других объектах, или при изучении придонного ила дают представление об уровнях воздействия токсикантов на естественных водных представителей, в том числе по накоплению их в живых организмах [19, 20].

В американских исследованиях отмечается, что несмотря на распространенное присутствие фармацевтических препаратов в воде, эти загрязняющие вещества, вызывающие все большую обеспокоенность, в настоящее время не регулируются в питьевой воде и сточных водах [21]. Одним из приоритетных направлений представляется мониторинг групп химических веществ, в том числе фармацевтических препаратов, входящих в перечень наиболее часто назначаемых и используемых в Российской Федерации, по аналогии с предлагаемым авторами методом. Предлагаемое решение по сокращению повсеместного распространения лекарственных препаратов в объектах окружающей среды позволит сократить нагрузку на здоровье граждан и биологические объекты, а также позволит ускорить разработку аналитических методов обнаружения химических веществ и их смесей. Немаловажным аспектом в систематизации данного процесса является качественная маркировка лекарственных препаратов для их последующей идентификации в сточных водах.

В работе ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора представлен аналитический материал, обобщающий некоторые исследования по вопросам выявления фармполлютантов в окружающей среде, так, например, показаны результаты оценки уровня загрязнения водоёмов Северо-Западного федерального округа лекарственными веществами. Практически во всех пробах воды из исследованных водоёмов Северо-Запада присутствовал кофеин в концентрациях 3,8–446 нг/дм³, в ряде проб обнаружены кетопрофен, диклофенак и ципрофлоксацин в концентрации от десятков до сотен нг/дм³ [22].

Кроме того, отечественные исследования показывают, что высокий уровень антибиотикоустойчивости, большие экономические потери при лечении инфекционных заболеваний и интенсивное загрязнение объектов окружающей среды требуют принятия незамедлительных организационных мер как по оценке экологических рисков для здоровья населения, так и разработке эффективных мер технологий ревитализации загрязненных территорий [23]. Как показали исследования последних лет, проблема загрязнения лекарствами окружающей среды в Республике Беларусь не менее актуальна, чем в других странах. В составе сточных вод крупных городов были обнаружены гормональные препараты, антибиотики, противовоспалительные и многие другие лекарства. Гормональные препараты из питьевой воды могут вызвать проблемы репродуктивного характера, антибиотики привести к резистентности микроорганизмов [24].

Следует отметить, что для обнаружения антибиотиков используют микробиологические, спектрофотометрические, флуориметрические, хемилюминесцентные, хроматографические, а также биосенсорные методы. В настоящее время проводятся исследования по разработке биосенсорных систем для анализа антибиотиков [25].

Проводимые исследования показывают необходимость разработки новых аналитических методов для оперативного обнаружения большого спектра химических веществ и их смесей, представляющих значимый риск для здоровья населения, способов очистки сточных вод, а также модернизацию системы социально-гигиенического мониторинга качества сточных вод.

Заключение

Проблема идентификации, контроля содержания химических веществ и их смесей в сточных водах является межгосударственной проблемой. Лекарственные препараты имеют широкое распространение в объектах окружающей среды по всему миру, что несомненно увеличивает риск неблагоприятного воздействия на здоровье населения и будущие поколения. Актуальной задачей в настоящее время является решение вопроса разработки новых аналитических методов обнаружения фармпрепаратов в сточных водах, а также внесение соответствующих поправок в документы, регламентирующие санитарно-гигиенический контроль, экологический мониторинг и периодичность забора образцов для исследований. Немаловажным также является разработка комплекса мер по доочистке сточных вод от присутствующих в них химических веществ и их смесей, не имеющих установленных гигиенических нормативов.

Финансирование: Работа выполнена в рамках проекта № 145.001.21.6, шифр «Сточные воды» в ФГБУ «ЦСП» ФМБА России.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Литература / References:

1. Методические указания по гигиенической оценке использования доочищенных городских сточных вод в промышленном водоснабжении, утвержденные 14 марта 1985 г., № 3224-85.

Guidelines for the hygienic assessment of the use of treated municipal wastewater in industrial water supply, approved on March 14, 1985, No. 3224-85. (In Russ.).

2. Методические указания МУ 2.1.5.800-99. Организация Госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод, утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 27 декабря 1999 года.

Guidelines MU 2.1.5.800-99. Organization of the State Sanitary and Epidemiological Supervision for the disinfection of wastewater, approved. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation December 27, 1999. (In Russ.).

3. Руководство по профилактике и лечению новой коронавирусной инфекции COVID-19. https://ria.ru/ips/op/COVID_19_Book.pdf

Guidelines for the prevention and treatment of a new coronavirus infection COVID-19. https://ria.ru/ips/op/COVID_19_Book.pdf (In Russ.).

4. Medema G., Heijnen L., Elsinga G., Italiaander R., Brouwer A. Presence of SARS-Coronavirus-2 RNA in Sewage and Correlation with Reported COVID-19 Prevalence in the Early Stage of the Epidemic in The Netherlands. 2020; 7(7): 511-516. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00357>.

5. О невозможности заражения коронавирусной инфекцией COVID-19 через сточную воду. <https://www.mosvodokanal.ru/forexperts/articles/9603>.

About the impossibility of infection with coronavirus infection COVID-19 through wastewater. <https://www.mosvodokanal.ru/forexperts/articles/9603>. (In Russ.).

6. Постановление Правительства РФ от 22 мая 2020 № 728 «Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод и о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).

Decree of the Government of the Russian Federation of May 22, 2020 No. 728 "On Approval of the Rules for Controlling the Composition and Properties of Wastewater and on Amending and Recognizing Certain Acts of the Government of the Russian Federation as Invalid" (with amendments and additions) (In Russ.).

7. Постановление Правительства Российской Федерации от 29 июля 2013 № 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».

Decree of the Government of the Russian Federation of July 29, 2013 No. 644 "On approval of the Rules for cold water supply and sanitation and on amendments to some acts of the Government of the Russian Federation" (In Russ.).

8. Распоряжение Департамента жилищно-коммунального хозяйства города Москвы от 19 августа 2020 года № 01-01-14-182/20 «Об установлении нормативов состава сточных вод для абонентов АО «Мосводоканал». <https://www.mos.ru/dgkh/documents/deistvuiushchie>

normativnye-pravovyeakty/view/243588220/.

Order of the Department of Housing and Communal Services of the City of Moscow dated August 19, 2020 No. 01-01-14-182/20 "On the establishment of standards for the composition of wastewater for subscribers of JSC Mosvodokanal". <https://www.mos.ru/dgkh/documents/deistvuiushchie-normativnye-pravovyeakty/view/243588220/> (In Russ.).

9. Постановление № 1566 от 14.08.2020 «Об установлении нормативов состава сточных вод для объектов абонентов централизованных систем водоотведения муниципального образования «город Екатеринбург». https://ekaterinburg.rf/officially/documents/postanovleniya/p_2020/29383.

Decree No. 1566 dated August 14, 2020 "On the establishment of standards for the composition of wastewater for the facilities of subscribers of centralized wastewater systems of the municipality "Yekaterinburg". https://ekaterinburg.rf/officially/documents/decrees/p_2020/29383 (In Russ.).

10. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2.

Sanitary rules and norms SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans", approved. Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated January 28, 2021 No. 2. (In Russ.).

11. Загайнова А.В., Асланова М.М., Курбатова И.В., Ракова В.М., Федец З.Е., Пай Г.В., Грицюк О.В., Панькова М.Н., Новожилов К.А., Абрамов И.А., Иванова П.А., Недачин А.Е., Автономова А.А., Стародубова Н.Ю., Савостикова О.Н. Оптимизация методов санитарно-микробиологического и санитарно-паразитологического контроля сточных вод. Гигиена и санитария. 2022; 101(5): 545-555. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-545-555>.

Zagaynova A.V., Aslanova M.M., Kurbatova I.V., Rakova V.M., Fedez Z.E., Pay G.V., Gritsyuk O.V., Pankova M.N., Novozhilov K.A., Abramov I.A., Ivanova P.A., Nedachin A.E., Avtonomova A.V., Starodubova N.Y., Savostikova O.N. Optimization of methods for sanitary-microbiological and sanitary-parasitological control of wastewater. Hygiene and Sanitation. 2022; 101(5):545-555. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-545-555> (In Russ.).

12. Савостикова О.Н., Мамонов Р.А., Тюрина И.А., Алексеева А.В., Николаева Н.И. Ксенобиотики и продукты их трансформации в сточных водах (обзор литературы). Гигиена и санитария. 2021; 100(11): 1218-1223. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1218-1223>.

Savostikova O.N., Mamonov R.A., Turina I.A., Alekseeva A.V., Nikolaeva N.I. Xenobiotics and products of their transformation in wastewater (literature review). Hygiene and Sanitation. 2021; 100(11): 1218-1223. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1218-1223> (In Russ.).

13. Chen X., Liu Sh., Jiang R., Luan T., Ouyang G. Rapid detection and speciation of illicit drugs via a thin-film microextraction approach for wastewater-based epidemiology study. Science of The Total Environment. 2022; 842: 156888. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156888>.

14. Cristóvão M.B., Bernardo J., Bento-Silva A., Ressureição M., Bronze M.R., Crespo J.G., Pereira V.J. Treatment of anticancer drugs in a real wastewater effluent using nanofiltration: A pilot scale study. Separation and Purification Technology. 2022; 288: 120565. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.120565>.

15. Козлова М.А. Исследование лекарственного загрязнения водных объектов в зонах сброса сточных вод городами промышленных предприятий. Вода: химия и экология. 2019; 3-6: 30-36.

Kozlova M.A. Study of drug pollution of water bodies in the areas of wastewater discharge from cities and industrial enterprises. Water: chemistry and ecology. 2019; 3-6: 30-36 (In Russ.).

16. Козлова М.А. Лекарственное загрязнение природных и сточных вод: методы очистки и результаты исследования. Экологический Вестник Северного Кавказа. 2020; 16(1): 77-80.

Kozlova M.A. Pharmaceutical pollution of natural and waste waters: treatment methods and research results. Ecological Bulletin of the North Caucasus. 2020; 16(1): 77-80 (In Russ.).

17. Козлова М.А. Исследование лекарственного загрязнения природных и сточных вод:

некоторые результаты и нормативно-правовое регулирование. Водные ресурсы России: современное состояние и управление: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х-томах, Сочи, 08–14 октября 2018 года. Сочи: ООО "Лик". 2018. 307-314.

Kozlova M.A. Study of medicinal pollution of natural and waste waters: some results and legal regulation. Water resources of Russia: current state and management: Collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. In 2 volumes, Sochi, October 08–14, 2018. Sochi: Lik LLC. 2018. 307-314 (In Russ.).

18. Водяницкий Ю.Н., Кириллова Н.П. Загрязнение почв и растений эмерджентными микрополлютантами. *Агрохимия*. 2016; 5: 86-94.

Vodyanitsky Yu.N., Kirillova N.P. Pollution of soils and plants with emergent micropollutants *Agrochemistry*. 2016; 5: 86-94 (In Russ.).

19. Савостикова О.Н., Ушакова О.В., Трегубова Л.Ю. Мониторинг химического и биологического состава придонного ила (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(5): 511-514. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-511-514>.

Savostikova O.N., Ushakova O.V., Tregubova L.J. Monitoring of chemical and biological composition of bottom silt (literature review). *Hygiene and Sanitation*. 2022; 101(5): 511-514. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-511-514> (In Russ.).

20. Гуменюк В.И., Орехова Н.А. Определение лекарственных средств в различных средах для решения задач техносферной безопасности. Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 18–23 ноября 2019 года. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020. 43-46.

Gumenyuk V.I., Orekhova N.A. Determination of drugs in different environments to solve problems of technosphere safety. Week of Science SPbPU: materials of scientific conference with international participation, St. Petersburg, November 18-23, 2019. St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great. St. Petersburg: POLITEKH-PRESS. 2020. 43-46 (In Russ.).

21. Suchomel A., Goeden H., Dady J. A Method for Developing Rapid Screening Values for Active Pharmaceutical Ingredients (APIs) in Water and Results of Initial Application for 119 APIs. *Int J Environ Res Public Health*. 2018; 22-15(7): 1308. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071308>.

22. Новикова Ю.А., Маркова О.Л., Фридман К.Б. Основные направления минимизации рисков здоровью населения, обусловленных загрязнением поверхностных источников питьевого водоснабжения лекарственными средствами. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(12): 1166-1170. <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-12-1166-1170>.

Novikova Yu.A., Markova O.L., Fridman K.B. Main aspects of minimization of population health risks caused by pharmaceutical pollution of surface sources of drinking water supply. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2018; 97(12): 1166-1170. <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-12-1166-1170> (In Russ.).

23. Тимофеева С.С., Тимофеев С.С., Тюкалова О.В. Оценка потенциальных рисков для здоровья населения Байкальского региона при употреблении продуктов, загрязненных антибиотиками. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2022; 30(3): 312-325. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-312-325>.

Timofeeva S.S., Timofeev S.S., Tyukalova O.V. Assessment of potential risks to the health of the population of the Baikal region when using products contaminated with antibiotics. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2022; 30(3): 312–325. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-312-325> (In Russ.).

24. Максименя Г.Г. Ликвидация некачественной фармацевтической продукции. *Медицинский журнал*. 2019; 1(67): 25-31.

Maksimanya G.G. Elimination of low-quality pharmaceutical products. *Medical Journal*. 2019;

1(67): 25-31 (In Russ.).

25. Алсовэйдн А.К.М., Каравалева О.А., Гулий О.И. Методы и подходы для определения антибиотиков. Антибиотики и химиотерапия 2022; 67(1–2): 53–61. <http://doi.org/10.37489/0235-2990-2022-67-1-2-53-61>.

Alsowaidi A.K.M., Karavaeva O.A., Gulyi O.I. Methods and approaches for antibiotics detection. Antibiotics and Chemotherapy. 2022; 67(1–2): 53–61. <http://doi.org/10.37489/0235-2990-2022-67-1-2-53-61> (In Russ.).

TOPICAL ISSUES OF MONITORING OF WASTEWATER QUALITY

Savostikova O.N., Vodyanova M.A.

Federal State Budgetary Institution “Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks” of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Abstract. The paper presents topical issues of wastewater quality monitoring, taking into account methodological guidelines and current regulatory documents that impose requirements on the composition of wastewater. At the same time, it shows: the experience of researchers in detecting dosage forms of various drugs in environmental objects, as well as the need to address key issues in the development of analytical methods and ways to reduce the risks of drug exposure to public health through environmental objects.

Keywords: wastewater, toxicity, drugs, assessment methods, monitoring.

Сведения об авторах

Савостикова Ольга Николаевна, к.м.н., начальник отдела физико-химических исследований и экотоксикологии, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0002-7032-1366>

Водянова Мария Александровна, к.б.н., ученый секретарь, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-3350-5753>

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 614.777

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМАТИВА
БИС[ТЕТРАКИС(ГИДРОКСИМЕТИЛ)ФОСФОНИЙ] СУЛЬФАТА (ТГФС) В ВОДЕ**

Мамонов Р.А., Печникова И.А.*

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

Резюме. В настоящее время в промышленности широко используются различные химические реагенты и смеси, которые могут загрязнять объекты окружающей среды. Некоторые из этих веществ не имеют гигиенических нормативов, что может приводить к неконтролируемому выбросу/сбросу и значительно ухудшать среду обитания человека. Одним из примеров является бис[тетраakis(гидроксиметил)фосфоний] сульфата (ТГФС), широко применяемый в процессе нефтедобычи. Токсичность этого вещества изучена за рубежом, однако в России его гигиенический норматив отсутствует. Нами были проведены исследования для обоснования гигиенического норматива данного вещества в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. В качестве пороговой концентрации ТГФС по органолептическому показателю вредности рекомендована величина 3 мг/л (лимитирующий показатель — запах). Исследования влияния ТГФС на процессы самоочищения водных объектов позволили принять величину 0,4 мг/л в качестве пороговой концентрации по общесанитарному показателю вредности. Раствор ТГФС при поступлении в организм подопытных животных в условиях 30-дневного токсикологического эксперимента оказывал воздействие на периферическую систему

* Адрес для переписки:

Печникова Ирина Александровна, IPechnikova@cspmz.ru

Цитирование: Мамонов Р.А., Печникова И.А. Научное обоснование гигиенического норматива бис[тетраakis(гидроксиметил)фосфоний] сульфата (ТГФС) в воде. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 4: 39-51.

Citation: Mamonov R.A., Pechnikova I.A. Scientific substantiation of the hygiene standard of bis[tetrakis(hydroxymethyl)phosphonium] sulfate (thps) in water. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 4: 39-51.

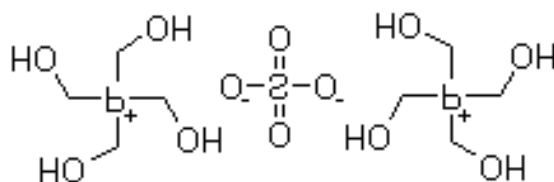
кровообращения и функциональное состояние печени. Максимальная недействующая доза рекомендуется на уровне 0,1 мг/кг, максимальная недействующая концентрация — 2 мг/л. Полученные данные позволили обосновать ОДУ ТГФС на уровне 0,4 мг/л, лимитирующий признак вредности — санитарно-токсикологический, класс опасности — 3.

Ключевые слова: бис[тетраakis(гидроксиметил)фосфоний] сульфат, ТГФС, гигиенический норматив в воде.

В настоящее время в процессе нефтедобычи используют различные химические реагенты, которые могут загрязнять объекты окружающей среды. Ряд веществ не имеет гигиенических нормативов, в связи с чем вопросы оценки опасности и токсичности этих веществ в окружающей среде являются ключевыми.

Тетраakis(гидроксиметил)фосфоний сульфата (ТГФС) широко применяется в качестве противомикробного агента широкого спектра действия на нефтепромысловых объектах, а также в системах промышленного охлаждения, в целлюлозно-бумажной промышленности и в качестве огнезащитного вещества.

ТГФС представляет собой твердое кристаллическое вещество, однако коммерчески доступен в виде бесцветного водного раствора [1]. Растворимость составляет ≥ 10 г/100 мл при 18 °С, плотность — 1,381 г/см³ при 20 °С, молекулярный вес — 406,28. ТГФС имеет следующую структурную формулу:



ТГФС (THPS) является химическим предшественником активного биоцидного соединения — трис(гидроксиметил)фосфина, который, в свою очередь, вступая в реакции с бисульфитными солями и окислителями, образует конечный продукт — трис(гидроксиметил)фосфина оксид.

Токсические свойства ТГФС и аналогов ТГФО изучены в ряде зарубежных исследований (табл. 1).

Так, в острых опытах установлено, что при пероральном поступлении в организм этого вещества ЛД₅₀ для крыс-самок составляет 248 мг/кг, для крыс-самцов — 333 мг/кг [2]. При однократном введении 75 %-го водного раствора ТГФС в глаз кролика в количестве 1 мл через 24 часа наблюдали помутнение глаза, припухлость и покраснение конъюнктивы.

Таблица 1. Токсикологические показатели ТГФС и аналогов ТГФО

Показатели	Действие	ТГФС, мг/кг	Триизопентил-фосфин оксид, мг/кг	Диоктилизо-пентилфосфин оксид, мг/кг
ЛД ₅₀ крысы (мг/кг)	самки	248	5000	9600
	самцы	333	9600	
NOAEL	общетоксическое	3,6 [6]	—	—
	эмбриотоксическое	≥15 [3]	—	—
	влияние на репродуктивную функцию	1 [4] 15 [6] 18 [6]	—	—
ПД		—	0,15	0,5
МНД		—	0,015	0,05
Класс опасности	канцерогенное	группа 3 по МАИР	—	—
ПДК, мг/л			0,3	1,0

В тесте максимального сенсibiliзирующего воздействия на морских свинок выявлена сильная сенсibiliзирующая активность ТГФС. При накожном нанесении крысам в дозах 25, 250, и 500 мг 75 % раствора ТГФС выявлено сильное раздражающее действие вещества во всех дозах.

В субхроническом 13-ти недельном эксперименте на крысах самках и самцах LOAEL установлен на уровне 7,1 мг/кг; NOAEL — 3,6 мг/кг [3].

Канцерогенность и токсичность вещества изучены в 2-х годичном хроническом эксперименте на самцах и самках крыс и мышей при внутрижелудочном введении 72 % раствора ТГФС [4,5]. По результатам этого исследования ТГФС признан не канцерогеном для крыс и мышей обоих полов. По оценке МАИР вещество не может быть характеризовано как канцероген для человека (группа 3).

Изучено также влияние ТГФС на внутриутробное развитие и репродуктивную функцию в опытах на двух поколениях крыс при внутрижелудочном введении [4]. Величина NOAEL по влиянию на внутриутробное развитие составила ≥ 15 мг/кг, LOAEL по влиянию на репродуктивную функцию — более 15 мг/кг. NOAEL для системной токсичности определена на уровне 1 мг/кг.

Нарушения внутриутробного развития обнаружены в экспериментах на кроликах при внутрижелудочном введении самкам с 7 по 19 день беременности [6]. Величина NOAEL для материнской и эмбриотоксичности установлена на уровне 18 мг/кг.

В России обоснованы гигиенические нормативы содержания в воде двух аналогов трис(гидроксиметил)фосфин оксида: триизопентилфосфин оксид (ПДК установлена на уровне 0,3 мг/л, лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический, 2 класс опасности) и диоктилизопентилфосфин оксид (ПДК 1,0 мг/л, лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический, 3 класс опасности).

Гигиенический норматив для тетракис(гидроксиметил)фосфоний сульфата в России не установлен, поэтому были проведены исследования для обоснования норматива этого вещества в воде.

Цель исследования: обоснование гигиенического норматива тетракис(гидроксиметил)фосфоний сульфата.

Материалы и методы

Токсикологические и гигиенические исследования проводились в соответствии с общепринятыми в отечественной токсикологии и гигиене принципами, сформулированными в ряде руководств: Методические указания 2.1.5.720-98 «Обоснование гигиенических нормативов химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»*, «Токсикометрия химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [7], «Общая токсикология» [8].

Исследования включали определение влияния вещества на органолептические свойства воды, изучение влияния вещества на процессы самоочищения воды водных объектов, проведение острого и подострого токсикологических экспериментов.

Изучение влияния на органолептические свойства воды проводили с целью установления пороговых концентраций соединений в воде по органолептическому признаку вредности в соответствии с МУ 2.1.5.720-98. Исследовали водные растворы ТГФС с концентрацией от 1000 мг/л до 2 мг/л.

Эксперименты выполняли бригадным методом с уточняющими исследованиями в «закрытых» опытах методом треугольника.

Определяли влияние веществ на запах и привкус воды, способность образовывать пену и пленку, придавать воде окраску, изменять прозрачность и реакцию среды (рН) водных растворов. Опыты проводили на дехлорированной московской водопроводной

* Обоснование гигиенических нормативов химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Методические указания. МУ 2.1.5.720-98. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава РФ, 1999.

воде, которая служила также в качестве контроля.

Изучение влияния вещества на процессы самоочищения воды водных объектов осуществляли в соответствии с Методическими Указаниями 2.1.5.720-98 и в соответствии с требованиями РД 52.24.420-2019* на основе наблюдений за динамикой биохимического потребления кислорода (БПК). Исследовали концентрации ТГФС от 0,025 до 10 мг/л.

Экспериментальные исследования по оценке острой токсичности проводили в соответствии с п. 8 МУ 2.1.5.720-98 на нелинейных животных (белых крысах с начальной массой тела 120-150 г) для определения среднесмертельных доз (DL₅₀) и класса опасности вещества в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76†.

Опытные группы в остром эксперименте включали 6 особей. Для равномерного распределения животных по группам учитывали массу тела, которая характеризует общее состояние животных, а также зависит от возраста.

В эксперименте использовали половозрелых особей, выдержанных в течение 15 дней на карантине. В отношении контрольных животных соблюдались те же правила ухода и содержания, методы обработки материалов, которые применялись к подопытным животным. Кормление животных проводили согласно стандартам. Вещество вводили металлическим зондом в желудок животных.

Дозы для изучения острого токсического действия ТГФС составили 250, 330 и 400 мг/кг. Наблюдение за общим состоянием животных, клинической картиной отравления и сроками их гибели проводилось в течение 14 дней. По окончании опыта крысы были умерщвлены методом цервикальной дислокации и вскрыты.

С целью изучения общетоксического действия, токсикодинамики и кумулятивных свойств ТГФС был поставлен подострый опыт. В эксперименте использовано 50 белых половозрелых крыс-самцов с исходной массой тела 250–290 гр. При выборе доз эксперимента ориентировались на класс токсичности изучаемого соединения по острой токсичности, а также на литературные данные о кумулятивных свойствах вещества. Испытывали дозы, равные 10 мг/кг, 1 мг/кг и 0,1 мг/кг.

Исследуемое вещество вводили 5 дней в неделю на протяжении 6 недель (всего 30 дней) внутрижелудочно в виде водного раствора. Контрольные животные получали адекватное количество хлорированной водопроводной воды. Отбор исследуемого

* РД 52.24.420-2019 «Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика измерений титриметрическим и амперометрическим методами». Дата введения: 01.11.2020.

† ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности». М. 2007. 7 с.

биологического материала производился на 15 и 30-е сутки эксперимента.

При выборе показателей, позволяющих оценить токсическое действие ТГФС на организм теплокровных животных, была поставлена задача по возможности более полно отразить состояние целостного организма и функции отдельных органов и систем.

В качестве интегральных показателей функционального состояния организма на протяжении всего подострого эксперимента исследовали общее состояние животных (поведение, двигательная активность, аппетит, состояние шерстного покрова, массу тела).

Проведены исследования красной крови на приборе Abacus Junior Vet+ (США) согласно методике производителя по следующим показателям: количество эритроцитов, лейкоцитов, лимфоцитов, тромбоцитов; уровень гемоглобина; среднее содержание гемоглобина в эритроците; гематокрит.

Интегральными маркерами состояния организма лабораторных животных являлись АЛТ, АСТ, билирубин, глюкоза, креатинин, мочевины, холинэстераза и щелочная фосфатаза. Исследования выполняли на биохимическом анализаторе Chemwell (США) с использованием реактивов Spinreact (Испания). Объектом исследований служила сыворотка крови лабораторных животных.

Результаты, полученные в токсикологических экспериментах, обрабатывали с помощью компьютерных программ «Statistica for Windows». Достоверность различий определяли по t критерию Стьюдента, а также непараметрическими статистическими методами. Достоверными отличиями опытных показателей от контрольных считали различия при $p \leq 0,05$.

Внутренние органы животных подвергли макроскопическому исследованию. Оценивали такой интегральный показатель токсичности вводимого вещества, как относительные коэффициенты массы внутренних органов (печень, почки, селезенка, семенники), определяемые как отношение массы органа к массе животного.

Соблюдение этических стандартов: содержание и кормление лабораторных животных осуществляли в соответствии с «Методическими рекомендациями по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений» (РД-АПК 3.10.07.02-09 от 15.12.2009 г.), а также в соответствии с «Санитарно-эпидемиологическими требованиями к устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев)» (СП 2.2.1.3218-14 от 29.08.2014 г.).

Результаты

ТГФС в концентрации 1000 мг/л хорошо растворим в воде, не изменяет прозрачность воды и не образует пену и пленку на её поверхности. В этой концентрации вещество не вызывает сдвига рН воды ($\text{pH} = 7,8$) за рамки 6,0-9,0.

Водный раствор вещества с концентрацией 1000 мг/л обладал стойким химическим запахом. Изучение интенсивности запаха раствора вещества в зависимости от концентрации средства проводили в два этапа. На первом этапе применили метод оценки в баллах (ориентировочный опыт), на втором использовали закрытый опыт методом треугольника. В результате статистической обработки опытных материалов, величина EC_{50} ТГФС по его влиянию на запах воды составила $3,8 \pm 0,61$ мг/л. При обосновании пороговой концентрации учитывается нижняя доверительная граница средней величины, что позволяет рекомендовать пороговую концентрацию на уровне 3 мг/л.

Проведенные исследования привкуса водных растворов вещества в концентрациях от 2,5 до 5 мг/л не выявили влияния вещества на привкус воды в этих концентрациях.

Величины пороговых концентраций по влиянию вещества на органолептические показатели воды представлены в таблице 2.

Таким образом, из обобщенных результатов исследования в качестве пороговой концентрации тетракис(гидроксиметил)фосфоний сульфата по органолептическому показателю вредности рекомендована величина 3 мг/л, лимитирующий показатель — запах.

Исследования влияния ТГФС на процессы самоочищения водных объектов показали, что вещество вызывает торможение процессов БПК. В трех сериях опыта исследовали концентрации вещества от 0,025 до 10 мг/л. На основании всех полученных результатов в качестве пороговой концентрации ТГФС по его влиянию на процессы самоочищения водных объектов принята величина 0,4 мг/л.

Изучение смертельных эффектов при однократном воздействии на организм животных проводили в дозах 250, 330 и 400 мг/кг. Клиническая картина отравления характеризовалась малой подвижностью животных, нарушениями координации и снижением тактильной чувствительности в первые часы после введения. Животные, подвергшиеся воздействию ТГФС в дозе 400 мг/кг, в первые часы после введения приняли положение «лягушки». Спустя 2 часа при первом после введения кормлении наблюдали снижение аппетита в опытных группах по сравнению с контролем.

В первые 12 часов после введения исследуемого вещества в дозе 400 мг/кг погибли 5 крысы; в дозе 330 мг/кг — 3. По прошествии 48 часов наблюдения погибла 1 крыса, получившая дозу 400 мг/кг..

Таблица 2. Влияние пороговых концентраций по влиянию ТГФС на органолептические показатели воды, мг/л

Показатели				
Запах	Пена	Привкус	рН	Мутность
3	> 1000	> 5	> 1000	> 1000

Остальные 15 крыс выжили и по прошествии 48 часов после введения ТГФС были активны, принимали пищу и воду. Наблюдение за животными продолжали еще на протяжении 12 дней (табл. 3). За это время не погибло больше ни одно подопытное животное. Общее состояние, поведение и прирост массы тела среди выживших животных контрольной и опытных групп в этот период существенно не отличались

Согласно расчетам средняя летальная доза (LD_{50}) при однократном введении ТГФС в желудок крысам-самцам составила 329 ± 25 мг/кг. Величина индекса кумуляции составила 0,03 (вещество обладает слабой степенью кумуляции), величина среднего времени гибели животных — 5 часов 17 мин.

Задачи подострого эксперимента заключались в следующем: установить характер токсикодинамики ТГФС в условиях его длительного поступления в организм теплокровных животных на основе зависимости «доза-эффект», определить пороговой ($ПД_{пэк}$) и недействующей доз, оценка характера действия по степени изменения показателей функционального состояния подопытных животных.

Вводимые дозы составили 10,0 мг/кг (1 группа); 1,0 мг/кг (2 группа) и 0,1 мг/кг (3 группа). Контрольная группа получала адекватное количество дехлорированной водопроводной воды.

В течение всего эксперимента опытные животные не погибали, по внешнему виду, аппетиту, поведению и состоянию шерстного покрова не отличались от контрольных.

Обобщенные результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что у животных, получавших ТГФС в дозах 1 и 10 мг/кг, наблюдали достоверные по сравнению с контролем изменения в периферической системе крови (рис. 1).

В группе животных, получавших максимальную дозу вещества, к 30 суткам выявлено статистически значимое снижение лимфоцитов. Во 2 группе на 15 сутки эксперимента отмечали статистически значимое увеличение количества лейкоцитов и лимфоцитов, причем повышенный уровень лейкоцитов в этой группе сохранился и на 30 сутки. В группе животных, получавших дозу 0,1 мг/кг, все показатели крови значимо не изменялись.

Таблица 3. Смертность белых крыс-самцов после однократного введения в желудок ТГФС в различных дозах

Доза, мг/кг	Общее число животных в группе	Количество погибших животных по срокам наблюдения, часы							Общее число погибших
		1	2	3	12	24	48	336	
250	6	0	0	0	0	0	0	0	0
330	6	2	0	0	1	0	0	0	3
400	6	2	1	1	1	0	1	0	6

Также выявлены изменения биохимических показателей в сыворотке крови опытных животных (табл. 4).

У животных в группе, получавшей максимальное количество вещества, на 15 сутки исследования отмечали достоверное по отношению к контролю снижение таких показателей функционального состояния печени, как уровень общего билирубина и активность холинэстеразы, причем эти изменения сохранялись до конца эксперимента к 30 суткам достоверно увеличилась активность АЛТ.

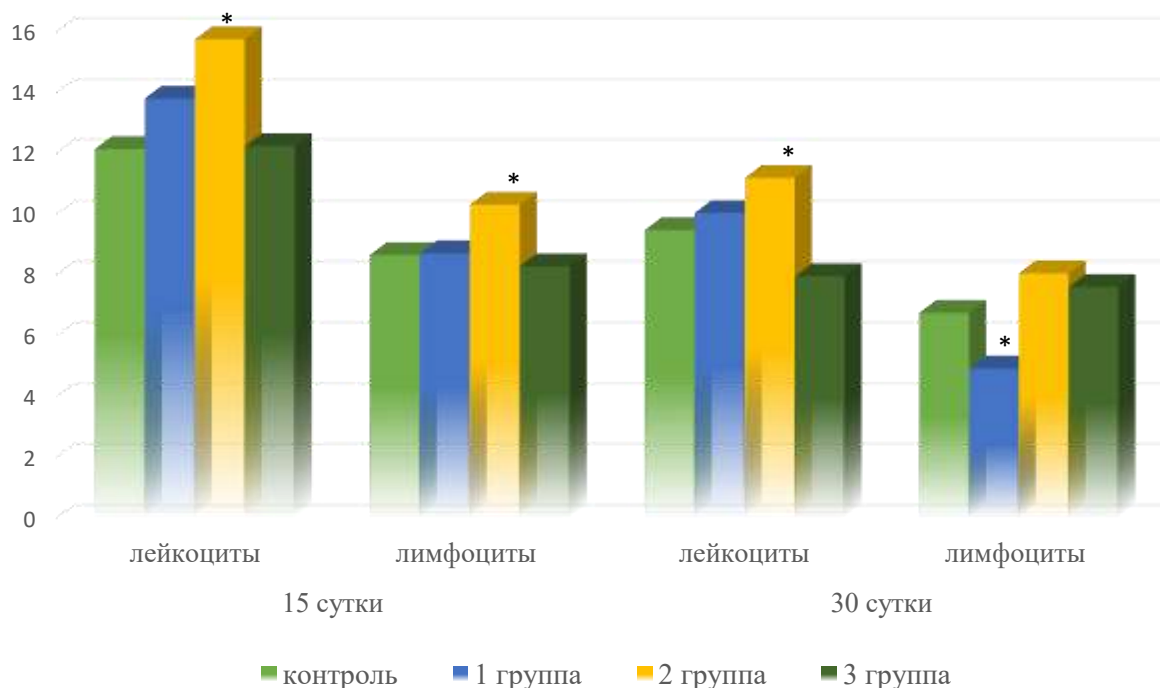


Рисунок 1. Показатели периферической системы крови белых крыс при воздействии ТГФС по подостром эксперименте с достоверными ($p < 0,05$) изменениями

Таблица 4. Биохимические показатели крови белых крыс при воздействии ТГФС в подостром эксперименте с достоверными ($p < 0,05$) изменениями

Показатели	Время отбора материала, сутки	Группы экспериментальных животных			
		Контроль	10 мг/кг	1 мг/кг	0,1 мг/кг
АЛТ, ед/л	15	84,6 ± 5,93	68,88 ± 4,43	54,0 ± 4,27*	82,83 ± 5,53
	30	42,44 ± 3,19	66,71 ± 3,34*	41 ± 4,27	41,33 ± 7,85
АСТ, ед/л	15	93,8 ± 4,73	91,83 ± 4,5	77,83 ± 4,71*	96,67 ± 4,42
	30	91,4 ± 4,42	103 ± 3,78	85,71 ± 4,6	96 ± 4,69
Билирубин, мг/дл	15	0,3 ± 0,04	0,2 ± 0,02*	0,2 ± 0,03	0,32 ± 0,05
	30	0,37 ± 0,03	0,05 ± 0,03*	0,1 ± 0,04*	0,36 ± 0,12
Мочевина, мг/дл	15	21,53 ± 1,37	25,17 ± 2,61	16,42 ± 1,37*	18,32 ± 0,62
	30	24,44 ± 5,13	25,01 ± 5,17	29,06 ± 4,2	26,5 ± 4,16
Холинэстераза, ед/л	15	635,1 ± 124,77	326,4 ± 40,81*	467,6 ± 127,79	516,1 ± 78,22
	30	538,4 ± 27,73	214,3 ± 34,84*	479,1 ± 31,19	473,5 ± 24,87

Примечание: «*» — достоверно значимые отличия от контроля $p < 0,05$.

В группе животных, получавших ТГФС в дозе 1 мг/кг, биохимические показатели крови имели следующие достоверные значимые различия по сравнению с контрольными животными: активность ферментов АЛТ и АСТ на 15 сутки исследования были достоверно снижены, на 30 сутки достоверно снизилось количество билирубина. Также у животных этой группы отметили однократное снижение уровня мочевины на 15 сутки. Воздействия вещества в дозе 0,1 мг/кг не вызывало изменений в исследованных показателях.

Обобщая полученные данные, можно сделать вывод о том, что раствор ТГФС при поступлении в организм подопытных животных в условиях подострого токсикологического эксперимента оказывал воздействие на периферическую систему кровообращения и функциональное состояние печени.

Анализ зависимости «доза-эффект» позволил рекомендовать в качестве пороговой дозу ТГФС на уровне 1 мг/кг.

При обосновании МНД и МНК использованы как результаты собственных исследований, так и данные литературы.

С учетом соотношения ЛД₅₀/ПД_{пэж} ($329/1 = 329$) можно сказать, что ТГФС — умеренно опасное вещество по способности к функциональной кумуляции, поэтому для

прогноза пороговой дозы хронического действия вводится коэффициент J1, равный 3. Пороговая доза хронического действия ТГФС рекомендуется на уровне 0,3 мг/кг.

Соотношение ЛД₅₀/ПД_{хр} свидетельствует об умеренной способности ТГФС к функциональной кумуляции (3 класс опасности). Для расчета максимальной недействующей дозы хронического действия использовался коэффициент запаса, равный 3. Таким образом, максимальная недействующая доза ТГФС рекомендуется на уровне 0,1 мг/кг, максимальная недействующая концентрация – 2 мг/л.

Для обоснования ОДУ ТГФС в воде водных объектов проведено сравнение его пороговых концентраций по органолептическому и общесанитарному показателям вредности (3 мг/мл и 0,4 мг/л, соответственно), а также МНК по санитарно-токсикологическому показателю вредности (2 мг/л). Как видно, наименьшая концентрация (0,4 мг/л) установлена по общесанитарному признаку вредности. В связи с этим, в качестве ОДУ может быть рекомендована величина 0,4 мг/л, однако она менее чем в 10 раз отличается от величины МНК, поэтому лимитирующим признаком вредности является санитарно-токсикологический.

Выводы

Таким образом, ОДУ бис[тетракис(гидроксиметил)фосфоний] сульфата рекомендуется на уровне 0,4 мг/л, лимитирующий признак вредности — санитарно-токсикологический, класс опасности — 3.

Финансирование: внебюджетная договорная деятельность.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Литература / References:

1. National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 41478, Tetrakis(hydroxymethyl)phosphonium sulfate. URL: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tetrakis_hydroxymethyl_phosphonium-sulfate. Accessed Dec. 8, 2022.
2. Lewis R.J. Sr. (ed) Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken N.J. 2004. p. 3407.
3. WHO. Environ Health Criteria 218: Flame Retardants: Tris(2-butoxyethyl) Phosphate, Tris(2-ethylhexyl)Phosphate and Tetrakis(hydroxymethyl) Phosphonium Salts for Tetrakis (Hydroxymethyl) Phosphonium Sulfate (55566-30-8) (2000). URL: <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>.
4. Toxicology and carcinogenesis studies of tetrakis(hydroxymethyl) phosphonium sulfate

(THPS) and tetrakis(hydroxymethyl)phosphonium chloride (THPC) in F344/N rats and B6C3F1 mice (gavage studies). National Toxicology Program Technical Report Series. 1987; 2: 290 p.

5. IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer. 1999; 71: 1531. URL: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>.

6. US EPA; Summary of Human Health Effects Data for the Tetrakis (Hydroxymethyl) Phosphonium Sulfate (55566-30-8) Registration Review Decision Document. Document ID: EPA-HQ-OPP-2011-0067-0004 p. 5 (February 18, 2011). Available from: <http://www.regulations.gov/#!home>.

7. Токсикометрия химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Под ред. Каспарова А.П., Санюцкого И.В. Центр международных проектов ГКНТ СССР. М.: 1986.

Toxicometry of chemical substances polluting the environment. Edited by Kasparov A.P., Sanotsky I.V. Center for International Projects of the State Committee for Science and Technology of the USSR. М.: 1986 (In Russ.).

8. Общая токсикология. Под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова. М.: Медицина, 2002. 608 с. General toxicology. Ed. by B.A. Kurlyandsky, V.A. Filov. Moscow: Medicine, 2002. 608 p. (In Russ.).

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF THE HYGIENE STANDARD OF BIS[TETRAKIS(HYDROXYMETHYL)PHOSPHONIUM] SULFATE (THPS) IN WATER

Mamonov R.A., Pechnikova I.A.

Federal State Budgetary Institution “Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks” of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Abstract. Currently, various chemical reagents and mixtures are widely used in industry, which can pollute environmental objects. Some of these substances do not have hygienic standards, what can lead to uncontrolled release/discharge and significantly degrade the human environment. One example is bis[tetrakis(hydroxymethyl)phosphonium] sulfate (THPS), which is widely used in the process of oil production. The toxicity of this substance has been well studied abroad, but its hygienic standard is not established in Russia. We carried out studies to substantiate the hygienic standard of this substance in the water of water bodies for drinking and domestic use. According to the organoleptic indicator of harmfulness, a value of 3 mg/l is recommended as a threshold concentration of THPS (the limiting index is smell). As a result of study of THPS effect on the processes of self-purification of water bodies, a value of 0.4 mg/l was established as a threshold concentration according to the general sanitary indicator of harmfulness. During a 30-

day toxicological experiment, THPS effected on the peripheral circulatory system and the functional state of liver of laboratory animals. The maximum inactive dose is recommended at the level of 0.1 mg/kg, the maximum inactive concentration — 2 mg/l. The data obtained made it possible to substantiate the approximate permissible level of THPS at the level of 0.4 mg/l, the limiting hazard indicator is sanitary-toxicological, hazard class is 3.

Keywords: bis[tetrakis(hydroxymethyl)phosphonium]sulfate, THPS, hygiene standard in water.

Сведения об авторах

Мамонов Роман Алдександрович, к.м.н., начальник отдела профилактической токсикологии и медико-биологических исследований, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0002-6540-6015>

Печникова Ирина Александровна, к.м.н., ведущий научный сотрудник отдела профилактической токсикологии и медико-биологических исследований, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, Москва, <https://orcid.org/0000-0003-1927-7432>

УДК 504.5:631.41

**ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА ФАРМПОЛЛЮТАНТОВ,
ПОПАДАЮЩИХ В ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОРОШЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ РЕГЕНЕРИРОВАННЫМИ СТОЧНЫМИ
ВОДАМИ**

Евсеева И.С.^{*}, Ушакова О.В., Трегубова Л.Ю.

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

Резюме. Фармацевтическое загрязнение объектов окружающей среды — насущная проблема во всем мире. Контроль за содержанием остаточных количеств лекарственных препаратов далек от исчерпывающего. В это же время повторное использование воды, в том числе для решения проблемы нехватки поливных и питьевых водных ресурсов, набирает обороты из-за климатических изменений, роста населения и ряда других причин. В связи с этим целью данного исследования было проанализировать существующие подходы к оценке риска для здоровья при использовании рекультивированных сточных вод для орошения сельскохозяйственной продукции. Выявлено, что при использовании таких продуктов в пищу организму человека может нанести вред. Были определены сложности, с которыми сталкиваются специалисты, выделены два основных подхода к оценке, используемые за рубежом. В Российской Федерации такая оценка риска законодательством не предусмотрена. Учитывая, фармацевтическое загрязнение может быть опасным для человека, данное направление исследований считается актуальным.

Ключевые слова: оценка риска, фармацевтическое загрязнение, окружающая среда, сточные воды, регенерация сточных вод.

^{*}-Адрес для переписки:

Евсеева Ирина Сергеевна, Ievseeva@cspmz.ru

Цитирование: Евсеева И.С., Ушакова О.В., Трегубова Л.Ю. Оценка риска для здоровья человека фармпollутантов, попадающих в продукты питания в процессе орошения сельскохозяйственных полей регенерированными сточными водами. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 4: 52-57.

Citation: Evseeva I.S., Ushakova O.V. Tregubova L.Ju. Assessment of the risk to human health of farmpollutants in edible crops irrigated with reclaimed wastewater. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 4: 52-57.

Введение

В настоящее время проблема обнаружения остаточных количеств фармацевтических отходов в окружающей среде является актуальной во всем мире. При попадании в сточные воды остатки фармацевтических препаратов могут при определенных условиях оказывать негативное влияние на здоровье человека и окружающую среду. Сейчас обязательный контроль за содержанием остаточных количеств фармацевтических веществ в сточных водах ведется не повсеместно [1].

Целью нашего исследования было проанализировать современные подходы к оценке риска для здоровья населения, при использовании сточных вод, загрязненных остатками фармацевтических средств.

По ряду причин, таких как климатические изменения и рост населения, во многих областях мира сейчас существует проблема нехватки воды, в том числе для орошения посевных полей. Чтобы компенсировать эту тенденцию для полива применяют регенерированные сточные воды. Ожидается, что в глобальном масштабе орошение регенерированными сточными водами увеличится [2]. Практика повторного использования воды уже существует в Намибии, Калифорнии, Израиле, Сингапуре, странах Европы и других государствах. Не смотря на все этапы очистки таких вод перед повторным использованием, они все равно могут представлять опасность для окружающей среды и здоровья человека т.к. после очистки некоторые химические вещества могут оставаться в воде, в том числе фармполлютанты [3]. В настоящее время их содержание в рекультивированной воде контролируется в Швейцарии и США только для нескольких активных фармацевтических субстанций и относится исключительно к питьевой воде [4]. В Швейцарии 13 фармацевтических препаратов регулярно контролируются на предмет повторного использования питьевой воды; однако повторному использованию воды в сельском хозяйстве не уделялось внимания.

Орошение сельскохозяйственных полей сточными водами с остаточными количествами фармацевтических препаратов приводят к попаданию этих веществ в почву и затем путем транслокации в растения. Таким образом, это все наносит вред здоровью населения [5-7].

В настоящей момент мы располагаем небольшим объемом исследований воздействия фармполлютантов, попадающих в пищу из сточных вод и связанным с этим риском для здоровья. Имеются данные о воздействии карбамазепина при употреблении в пищу картофеля и листовых овощей. При этом количество противосудорожного может достигать

десятков наногرامмов на килограмм массы тела в день [8]. Часто такие исследования ограничиваются небольшим количеством оцениваемых активных фармацевтических субстанций (АФИ) и растительных культур. В национальном израильском исследовании 2021 г. были проанализированы сельскохозяйственные культуры с 445 полей, орошаемых рекультивированными сточными водами. Листовая зелень показала самую большую концентрацию и разнообразие АФИ. Наиболее доминирующими среди обнаруженных групп препаратов были группа противосудорожных препаратов и антибиотики [9].

В исследованиях, включающих оценку риска для здоровья, синергические и аддитивные эффекты обычно не рассматриваются. Также, продукты трансформации лекарственных средств (ЛС) могут оказывать неблагоприятные эффекты. Во-первых, ЛС могут трансформироваться в организме человека. Во-вторых, различные химические и биологические процессы могут преобразовывать фармацевтические препараты и продукты трансформации при очистке сточных вод (например, гидролиз, окисление, деконъюгация, фотодеградация). В-третьих, фармацевтические препараты и продукты могут быть преобразованы в окружающей среде. В редких случаях трансформация может привести к созданию новых токсикофоров, что может привести к более высокой токсичности за счет аналогичного или другого механизма действия [10,11]. Выбор продуктов преобразования для мониторинга и оценки рисков является достаточно трудоемким. Данные об экскреции метаболитов у человека можно найти в соответствующей литературе. Также, существуют различные модели, прогнозирующие продукты трансформации окружающей среды. Тем не менее, имеются лишь ограниченные сведения о том, какие продукты окружающей среды образуются в соответствующих фракциях и имеют тенденцию сохраняться в различных условиях окружающей среды [12].

Риск для здоровья человека от такого воздействия за рубежом оценивают с помощью двух основных подходов: допустимого суточного потребления (ADI) и порога токсикологической опасности. (ТТС) [13]. Значение ADI представляет собой количество ежедневно потребляемого вещества, которое не приводит к каким-либо неблагоприятным последствиям для здоровья потенциально подвергающихся воздействию групп населения, включая все чувствительные подгруппы населения. Значения ADI рассчитываются на основе экспериментальных данных и включают исходную точку (наименьшую наблюдаемую дозу), продолжительность воздействия, фактор неопределенности, учитывающий межвидовую и внутривидовую изменчивость, и экстраполяцию на основе низкого наблюдаемого уровня побочных эффектов. до уровня отсутствия наблюдаемых

побочных эффектов. ТТС подразделяется на три уровня (I, II и III, т. е. 30, 9 и 1,5 мкг/кг массы тела в день соответственно) на основе химической структуры молекулы [14]. Соединения класса I легко метаболизируются, поэтому их токсичность невелика. Соединения класса II содержат структуры, которые могут быть более вредными, чем класс I, но не содержат структурных элементов, указывающих на токсичность. Соединения класса III содержат реакционноспособные функциональные группы и вызывают более высокие опасения по поводу токсичности. Наибольшую озабоченность вызывают потенциально генотоксичные соединения, которые могут взаимодействовать с ДНК и вызывать мутации в генетическом коде [15].

Таким образом, исходя из изученных материалов можно сделать заключение, что в настоящее время оценка риска для здоровья населения от воздействия фармацевтических отходов, поступающих из различных объектов окружающей среды, включающий и рекультивированные сточные воды, производится не постоянно. В Российской Федерации данный вид оценки риска не предусмотрен имеющимися нормативными документами. Учитывая, что фармацевтические отходы являются высокоопасными и могут воздействовать на различные системы организма в том числе с отдаленными последствиями необходимо дальнейшее изучение подходов к оценке риска для здоровья населения.

Финансирование: Материалы подготовлены на основе результатов научной деятельности ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, полученных в рамках инициативной работы.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Литература / References:

1. Felicity T. WHO. Фармацевтические отходы в окружающей среде: взгляд с позиции культуры. Панорама общественного здравоохранения. 2017; 3 (1): 133-139. Всемирная организация здравоохранения. Европейское региональное бюро. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/254735>.
2. Hristov J., Barreiro-Hurle J., Salputra G., Blanco M., Witzke P. Reuse of treated water in European agriculture: Potential to address water scarcity under climate change. *Agric Water Manag.* 2021; 251: 106872. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106872>.
3. Helmecke M., Fries E., Schulte C. Regulating water reuse for agricultural irrigation: risks related to organic micro-contaminants. *Environ Sci Eur.* 2020; 32: 4. <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0283-0>.
4. Ben Mordechay E., Sinai T., Berman T., Dichtiar R., Keinan-Boker L., Tarchitzky J., Maor Y., Mordehay V., Manor O., Chefetz B. Wastewater-derived organic contaminants in fresh

produce: Dietary exposure and human health concerns. *Water Res.* 2022; 223: 118986. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118986>.

5. García J., García-Galán M.J., Day J.W., Boopathy R., White J.R., Wallace S., Hunter R.G. A review of emerging organic contaminants (EOCs), antibiotic resistant bacteria (ARB), and antibiotic resistance genes (ARGs) in the environment: Increasing removal with wetlands and reducing environmental impacts. *Bioresour Technol.* 2020; 307: 123228. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123228>.

6. Lasee S., Mauricio J., Thompson W.A., Karnjanapiboonwong A., Kasumba J., Subbiah S., Morse A.N., Anderson T.A. Microplastics in a freshwater environment receiving treated wastewater effluent. *Integr Environ Assess Manag.* 2017; 13(3): 528-532. <https://doi.org/10.1002/ieam.1915>.

7. Lenka S.P., Kah M., Padhye L.P. A review of the occurrence, transformation, and removal of poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS) in wastewater treatment plants. *Water Res.* 2021; 199: 117187. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117187>.

8. Riemenschneider C., Al-Raggad M., Moeder M., Seiwert B., Salameh E., Reemtsma Th. Pharmaceuticals, their metabolites, and other polar pollutants in field-grown vegetables irrigated with treated municipal wastewater. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2016; 64(29): 5784-5792. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b01696>.

9. Ben Mordechay E., Mordehay V., Tarchitzky J., Chefetz B. Pharmaceuticals in edible crops irrigated with reclaimed wastewater: Evidence from a large survey in Israel. *J Hazard Mater.* 2021; 416: 126184. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126184>.

10. ern S, Baumgartner R., Helbling D.E., Hollender J., Singer H., Loos M.J., Schwarzenbach R.P., Fenner K. A tiered procedure for assessing the formation of biotransformation products of pharmaceuticals and biocides during activated sludge treatment. *J Environ Monit.* 2010; 12(11): 2100-2111. <https://doi.org/10.1039/c0em00238k>.

11. Escher B.I., Fenner K. Recent advances in environmental risk assessment of transformation products. *Environmental science & technology.* 2011; 45(9): 3835-3847.

12. Kern S., Fenner K., Singer H.P., Schwarzenbach R.P., Hollender J. Identification of transformation products of organic contaminants in natural waters by computer-aided prediction and high-resolution mass spectrometry. *Environ Sci Technol.* 2009 Sep 15;43(18):7039-46. <https://doi.org/10.1021/es901979h>.

13. Liu X., Liang C., Liu X., Zhao F., Han C. Occurrence and human health risk assessment of pharmaceuticals and personal care products in real agricultural systems with long-term reclaimed wastewater irrigation in Beijing, China. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2020; 190: 110022. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110022>.

14. Kroes R., Kleiner J., Renwick A. The threshold of toxicological concern concept in risk assessment. *Toxicol Sci.* 2005; 86(2): 226-30. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfi169>.

15. Guidance on the use of the Threshold of Toxicological Concern approach in food safety assessment. *EFSA Journal* 2019; 17(6): 5708. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5708>.

ASSESSMENT OF THE RISK TO HUMAN HEALTH OF PHARMPOLLUTANTS IN EDIBLE CROPS IRRIGATED WITH RECLAIMED WASTEWATER

Evseeva I.S., Ushakova O.V. Tregubova L.Ju.

Federal State Budgetary Institution “Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks” of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Abstract. Pharmaceutical contamination of environmental sites is a pressing problem globally. The control of drug residues is far from exhaustive. At the same time, water reuse, including to address irrigation and drinking water shortages, is gaining momentum due to climate change, population growth and a number of other reasons. Therefore, the aim of this study was to analyse existing approaches to assess the health risks of using reclaimed wastewater for irrigation of agricultural products. It was found that when such products are used as food, the human body can be harmed. The difficulties encountered by specialists have been identified and two main approaches to assessment used abroad have been highlighted. In the Russian Federation, legislation does not provide for such a risk assessment. Given that pharmaceutical contamination can be hazardous to humans, this line of research is considered relevant.

Keywords: risk assessment, pharmaceutical pollution, environment, wastewater, wastewater reclamation.

Сведения об авторах

Евсеева Ирина Сергеевна, к.м.н., старший научный сотрудник, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <http://orcid.org/0000-0001-5765-0192>

Ушакова Ольга Владимировна, к.м.н., ведущий научный сотрудник, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-2275-9010>

Трегубова Людмила Юрьевна, специалист отдела гигиены, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-2762-1192>



ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 614.7

**РЕГЛАМЕНТИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КРЕМНИЯ В ПИТЬЕВОЙ И
МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И.*, Рыжова И.Н., Кочеткова М.Г.

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

Резюме. В статье рассмотрена проблема современного состояния гигиенического нормирования кремния в минеральной и питьевой воде (реагенты для водоподготовки, растворенные соединения природного кремния) в отечественной и в зарубежной практике обеспечения безопасного водопользования населения. Предлагается корректировка нормативной базы по кремнийсодержащим питьевым водам в РФ с учетом всех накопленных материалов.

Ключевые слова: природный кремний, реагенты, питьевая и минеральная вода, гигиенические нормативы.

По В.И. Вернадскому [1-4] «во время жизни всего организма, растительного и животного происхождения, атомы кремния имеют очень сложную историю, концентрируясь и исчезая в очень тесной корреляции с химическими и физиологическими процессами». По распространенности в земной коре кремний занимает около 28 %, т.е. находится на втором месте после кислорода (≈ 32 %). Он и его различные соединения присутствуют практически во всех подземных и поверхностных водах, в более чем 400 минералах.

* Адрес для переписки:

Михайлова Руфина Иринарховна, RMihaylova@cspmz.ru

Цитирование: Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., Рыжова И.Н., Кочеткова М.Г. Регламентирование содержания кремния в питьевой воде: проблемы и пути решения. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 4: 58-65.

Citation: Rakhmanin Yu.A., Mikhailova R.I., Ryzhova I.N., Kochetkova M.G. Regulation of silicon content in drinking and mineral water: problems and solutions. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 4: 58-65.

Однако несмотря на широкую распространенность кремния в окружающей среде до 70-х гг. он рассматривался как инертный компонент окружающей среды. Внимание к кремнию было привлечено в связи с появлением ряда работ, касающихся положительного действия на организм человека. Указывается, что кремний участвует в синтезе гликозаминогликанов, эластина и коллагена, образующих остов соединительной ткани и придающих ей прочность и упругость, укрепляет стенки сосудов, участвует в формировании основного вещества кости и хряща, в процессе минерализации костной ткани.

Отмечено, что кремний способствует предупреждению атеросклероза, уменьшает накопление алюминия в организме, снижая риск развития старческого слабоумия — болезни Альцгеймера [5-9].

До настоящего времени остается нерешенным вопрос о том, следует ли относить кремний к эссенциальным элементам. Многие зарубежные исследователи биологического действия кремния, хотя и не рассматривают элемент как эссенциальный, подчеркивают его важную роль в правильном образовании, росте и поддержании здорового состояния костей и всей соединительной ткани в организме. Есть также мнение, что кремний действительно эссенциальный элемент для костной ткани, по крайней мере у животных, а возможно, и у человека. [10,11]. Вместе с тем, его роль как эссенциального элемента не доказана, в связи с чем его нормирование в водах, предназначенных для питьевого потребления, рассматривалось, главным образом, с точки зрения установления предельно допустимого содержания (концентрации).

В нашей стране вопрос о гигиеническом нормировании в воде кремния возник более 50 лет назад в связи с введением в практику водоподготовки кремнийсодержащих реагентов — активированной кремниевой кислоты в целях повышения эффективности процессов флокуляции и силиката натрия для антикоррозионной обработки трубопроводов и емкостей в системах горячего водоснабжения. Эти реагенты взаимосвязаны по химическому составу, поскольку активированная кремниевая кислота представляет собой коллоидный водный раствор кремниевых кислот и их труднорастворимых солей, получаемых частичной или полной нейтрализацией щелочности силиката натрия (жидкого стекла) при воздействии активатора (серная кислота, сульфат алюминия, хлор, гидрокарбонат или гидросульфат натрия и др.).

В 1972 г. С.А. Шиган и Б.Р. Витвицкая [12] провели исследования для оценки токсичности активированной кремниевой кислоты и силиката натрия и обоснования их

гигиенических нормативов в питьевой воде в хроническом эксперименте на двух видах животных (белых крысах и морских свинках) и определили максимальную недействующую дозу реагентов на уровне 2 мг/кг. На основании результатов эксперимента авторы рекомендовали ПДК активированной кремнекислоты и силиката натрия по санитарно-токсикологическому признаку вредности на уровне 40 мг/л (по SiO_2). В том же 1972 г. в официальный перечень предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового водопользования был включен норматив силиката натрия 50 мг/л (по SiO_3^{2-}) по санитарно-токсикологическому признаку вредности* [13].

В 1976 г. был введен в действие норматив кремниевой кислоты, активированной — 50 мг/л по санитарно-токсикологическому признаку вредности. Затем, с 1980 г. и по настоящее время в нормативных документах водно-санитарного законодательства приводилась ПДК кремния 10 мг/л (по Si), класс опасности 2, показатель вредности санитарно-токсикологический, без конкретных указаний, для контроля присутствия в воде какого именно кремния, используемого в составе реагентов или природного, предназначен этот норматив. Кроме того, продолжали действовать ПДК силикатов натрия и калия на уровне 30 мг/л (по SiO_3), которые в пересчете на кремний составляли 11 мг/л и почти совпадали с ПДК кремния по Si [14].

В более поздних экспериментальных исследованиях на белых беспородных крысах изучено длительное воздействие модельных питьевых вод (приготовленных на основе метасиликата натрия гидрата и солей жесткости), содержащих суммарный кремний на уровне 12,5 мг/л, при жесткости воды более 2,5 мг-экв/л и на еще более высоком уровне — 25 мг Si/л при жесткости воды менее 2,5 мг-экв/л. На основании полученных результатов исследований авторами было сделано заключение об отсутствии негативного и специфического действия изученных вод на организм животных [15].

В ряде исследований, проведенных в кремниевой биогеохимической провинции на территории Р. Чувашии, было показано, что потребление населением питьевой воды с содержанием кремния на уровне 14,5 мг/л, приводило к изменению функционального статуса организма, уменьшению его адаптационных резервов и развитию патологических процессов (краевая патология), что связано с дисбалансом поступления с водой основных микро- и макроэлементов (избыток кальция, фтора, кремния) [16, 17].

* Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового водопользования и требования к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого и культурно-бытового водопользования (утв. Минздравом СССР 28 декабря 1972 г. № 1003-72).

С 1 марта 2021 г. вступил в силу новый нормативный документ, в котором гигиенический норматив кремния в воде изменен ещё раз: кремний (Si, суммарно) при жёсткости воды менее 2,5 мг-экв/л — 25 мг/л, при жёсткости воды более 2,5 мг-экв/л — 20 мг/л, что послужило основанием для повышения ПДК кремния в воде с 10 до 25 и 20 мг/л в зависимости от жёсткости воды, но возможно, что основанием для установления норматива кремния в питьевой воде стали исследования, выполненные отечественными авторами в 1987 г. [15]. В новом документе сохранены без изменения ПДК силиката калия и силиката натрия (по SiO₃) — 30 мг/л, что соответствует 11 мг/л Si [13], а ПДК активированной кремниевой кислоты в документ не включена вообще.

Никаких указаний о порядке практического использования нормативов кремния, силикатов натрия и калия при контроле качества воды не дано, не конкретизируется, в какой степени упомянутые нормативные величины имеют отношение к природным соединениям кремния и к реагентам, используемым в водоснабжении, и какие аналитические методы рекомендуются для их контроля в воде. Если же не проводить раздельное определение природного кремния, силикатов натрия и калия, ПДК кремния (Si, суммарно) утрачивает смысл, поскольку необходимость соблюдения ПДК силикатов на уровне 11 мг/л в пересчёте на кремний делает норматив кремния 20–25 мг/л санитарным нарушением с превышением безвредного уровня в 1,8–2,3 раза для вещества 2-го класса опасности, что является недопустимым [18]. Подобные нестыковки (неопределённости) в новом нормативном документе крайне затрудняют контроль безвредности для здоровья населения содержания в питьевой воде кремния, силикатов натрия и калия, и активированной кремниевой кислоты.

На спорность таких действий справедливо указывали отечественные авторы [19-22], подчеркивая отсутствие специальных исследований для обоснования гигиенического норматива природного кремния в питьевой воде и недостаточную обоснованность действовавших ПДК кремния, кремнекислот и силикатов как реагентов, высказывая мнение о целесообразности их аннулирования.

Содержание природного кремния в питьевой воде в зарубежной практике обеспечения безопасности питьевого водопользования не нормировано в связи с отсутствием данных о его неблагоприятном действии на состояние здоровья населения. Природный кремний не нормируется ни в Руководстве ВОЗ по качеству питьевой воды, ни в Директиве ЕС, ни в национальных нормативных документах разных стран мира (США, Канады, Японии, Китая и др.) [23,24]. Только в Австралийском руководстве по качеству

питьевой воды имеется норматив кремния 80 мг/л (по SiO₂), установленный по технологическому признаку вредности – образованию солевых отложений и ухудшению работы водоочистных сооружений с применением полупроницаемых мембран.

Проблема нормирования содержания природного кремния актуальна и для кремнийсодержащих минеральных лечебно-столовых вод, рекомендуемых населению для применения в лечебно-профилактических целях. В настоящее время в соответствии с ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности питьевой воды, упакованной в емкости, включая минеральные воды» [18] кремний отнесен к биологически активным компонентам и нормирован для слабокремнистых вод на уровне не менее 25 мг/л, но не более 50 мг/л по метакремниевой кислоте, что в пересчете на кремний (суммарно) составляет не менее 9 мг/л, но не более 18 мг/л, для кремнистых — более 50 мг/л (в пересчете на кремний — более 18 мг/л), при этом верхняя допустимая граница не регламентирована. В целом практически отсутствуют материалы по обоснованию норматива данного биологически активного элемента в кремнийсодержащих минеральных лечебно-столовых водах. При этом следует отметить, что в слабокремнистых минеральных водах содержание кремния соответствует ПДК для питьевой воды. Данное противоречие подчеркивается тем фактом, что в примечании документа указывается, что в связи с отсутствием у этих вод какого-либо профилактического или лечебного эффекта они не нуждаются в выдаче на них бальнеологического заключения, обязательного для всех лечебных и лечебно-столовых вод [25].

Крайне важно продолжение исследований по изучению влияния соединений кремния на здоровье человека и определение пороговой дозы негативного физиологического действия на организм, поэтому для решения спорных вопросов гигиенического нормирования кремния в питьевой воде необходимо более глубокое осмысление результатов изучения влияния этого элемента повсеместно на здоровье людей в натуральных условиях водопотребления и особенностей биологического действия.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ «ЦСП» ФМБА России.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Литература / References:

1. Войнар А.С. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М., 1960.
Voinar A.S. The biological role of trace elements in the body of animals and humans. M., 1960 (In Russ.).
2. Айлер Р. Химия кремнезема. М.: Мир 1982. Ч. 1, 2. 1127 с.
Ayler R. Silica Chemistry. M.: Mir 1982. Part 1, 2. 1127 p. (In Russ.).
3. Воронков М.Г., Кузнецов И.Г. Кремний в живой природе. Новосибирск: Наука, 1984. 160 с.
Voronkov M.G., Kuznetsov I.G. Silicon in nature. Novosibirsk: Nauka, 1984. 160 p. (In Russ.).
4. Вапиров В. В., Феоктистов В. М., Венкович А. А., Вапирова Н. В. К вопросу о поведении кремния в природе и его биологической роли. Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2017; 2(163): 95-102.
Vapirov V. V., Feoktistov V. M., Venskovich A. A., Vapirova N. V. On the behavior of silicon in nature and its biological role. Scientific notes of Petrozavodsk State University. 2017; 2(163): 95-102 (In Russ.).
5. Price CT, Koval KJ, Langford JR. Silicon: a review of its potential role in the prevention and treatment of postmenopausal osteoporosis. *Int J Endocrinol.* 2013; 2013: 316783. <https://doi.org/10.1155/2013/316783>.
6. Martin K.R. Silicon: The Health Benefits of a Metalloid. *Interrelations between Essential Metal Ions and Human Diseases. Metal Ions in Life Sciences; 13. Chapter 14. Series Editors: Sigel A., Sigel H., Sigel, R. K.O.* 2013; 451-473.
7. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. Под ред. А.В. Скального. Санкт-Петербург: Наука, 2008. 542 с.
Oberlis D., Harland B., Skalny A. Biological role of macro- and microelements in humans and animals. Ed. A.V. Skalny. St. Petersburg: Nauka. 2008. 542 p. (In Russ.).
8. Мансурова Л.А., Федчишин О.В., Трофимов В.В., Зеленина Т.Г., Смолянко Л.Е. Физиологическая роль кремния. *Сибирский медицинский журнал.* 2009; 90(7):16-18.
Mansurova L.A., Fedchishin O.V., Trofimov V.V., Zelenina T.G., Smolyanko L.E. The physiological role of silicon. *Siberian Medical Journal.* 2009; 90(7): 16-18 (In Russ.).
9. Farooq M.A. and Dietz K.-J. Silicon as Versatile Player in Plant and Human Biology: Overlooked and Poorly Understood. *Front. Plant Sci.* 2015. 6: 994. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00994>.
10. Рахманин Ю.А., Красовский Г.Н., Егорова Н.Н., Михайлова Р.И. 100 лет законодательного регулирования качества воды. Ретроспектива, современное состояние, перспективы. *Гигиена и санитария.* 2014; 2; 5-18.
Rakhmanin Yu.A., Krasovsky G.N., Egorova N.N., Mikhailova R.I. 100 years of legislative regulation of water quality. Retrospective, current state, prospects. *Hygiene and sanitation.* 2014; 2; 5-18 (In Russ.).
11. Рахманин Ю.А., Егорова Н.А., Красовский Г.Н., Михайлова Р.И., Алексеева А.В. Кремний, его биологическое действие при энтеральном поступлении в организм и гигиеническое нормирование в питьевой воде. Обзор литературы. *Гигиена и санитария.* 2017; 96(5): 492-498. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2017-96-5-492-498>.
Rakhmanin Yu.A., Egorova N.A., Krasovsky G.N., Mikhailova R.I., Alekseeva A.V. Silicon: its biological impact under dietary intake and hygienic standardization of its content in drinking

water. A review. Hygiene and Sanitation. 2017; 96(5): 492-498. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2017-96-5-492-498> (In Russ.).

12. Шиган С. А., Витвицкая Б. Р. Гигиеническое обоснование содержания остаточных количеств активированной кремнекислоты и силиката натрия в питьевой воде: научный отчет кафедры коммунальной гигиены Первого МОЛМИ им. И. М. Сеченова. Арх. № 315. М., 1972.

Shigan S. A., Vitvitskaya B. R. Hygienic substantiation of the content of residual amounts of activated silicic acid and sodium silicate in drinking water: scientific report of the Department of Communal Hygiene of the First MOLMI im. I. M. Sechenov. Arch. No. 315. M., 1972 (In Russ.).

13. Дополнительный перечень ПДК вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового водопользования. МЗ СССР, Москва, №2263-80.

Additional list of MPCs for harmful substances in the water of reservoirs for sanitary water use. Ministry of Health of the USSR, Moscow, No. 2263-80 (In Russ.).

14. ГН 2.1.51315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

GN 2.1.51315-03 "Maximum Permissible Concentrations (MPC) of Chemical Substances in the Water of Water Bodies of Economic Injection and Cultural and Domestic Water Use"(In Russ.).

15. Метельская Г.Н., Новиков Ю.В., Плитман С.И. О нормировании кремния в питьевой воде. Гигиена и санитария. 1987; 8: 19-21.

Metelskaya G.N., Novikov Yu.V., Plitman S.I. On the rationing of silicon in drinking water. Hygiene and Sanitation. 1987; 8: 19-21 (In Russ.).

16. Сапожников С.П. Влияние эколого-биогеохимических факторов среды обитания на функциональное состояние и здоровье населения Чувашии. Автореферат диссертации доктора медицинских наук. М.: 2001.

Sapozhnikov S.P. Influence of ecological and biogeochemical environmental factors on the functional state and health of the population of Chuvashia. Abstract of the dissertation of a doctor of medical sciences. M.: 2001 (In Russ.).

17. Толмачева Н.В. Эколого-физиологическое обоснование оптимальных уровней макро- и микроэлементов в питьевой воде и пищевых рационах. Автореф. д.м.н. М.: 2011.

Tolmacheva N.V. Ecological and physiological substantiation of optimal levels of macro- and microelements in drinking water and food rations. Abstr. diss. MD. Moscow: 2011 (In Russ.).

18. ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды».

TR EAEU 044/2017 "On the safety of packaged drinking water" (In Russ.).

19. Алексеев В.С., Болдырев К.А., Тесля В.Г. О необходимости пересмотра нормативного содержания кремния в питьевой воде. Водоснабжение и санитарная техника. 2011; (5): 56-60.

Alekseev V.S., Boldyrev K.A., Teslya V.G. On the need to revise the normative content of silicon in drinking water. Water supply and sanitary engineering. 2011; (5): 56-60 (In Russ.).

20. Мазаев В.Т., Шлепнина Т.Г. Оценка степени санитарной опасности соединений кремния в природной и питьевой воде (в порядке обсуждения). Водоснабжение и санитарная техника. 2011; (7): 13-20.

Mazaev V.T., Shlepnina T.G. Assessment of the degree of sanitary hazard of silicon compounds in natural and drinking water (in order of discussion). Water supply and sanitary engineering. 2011; (7): 13-20 (In Russ.).

21. Сапожников С.П., Гордова В.С. Роль соединений кремния в развитии аутоиммунных процессов (обзор). Микроэлементы в медицине. 2013; 14(3): 3-13.

- Sapozhnikov S.P., Gordova V.S. The role of silicon compounds in the development of autoimmune processes (review). *Microelements in medicine*. 2013; 14(3): 3-13 (In Russ.).
22. Мокиенко А.В. Кремний в воде: от токсичности к эссенциальности. *Вісник морської медицини*. 2020; 4(89): 136-143. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.4430795>.
- Mokienko A.V. Silicon in water: from toxicity to essentiality. *Bulletin of marine medicine*. 2020; 4(89):136-143. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.4430795> (In Russ.).
23. Jurkić L.M., Ceganec I., Pavelić S.K., Pavelić K. Biological and therapeutic effects of ortho-silicic acid and some ortho-silicic acid-releasing compounds: New perspectives for therapy. *Nutr Metab (Lond)*. 2013; 10(1): 2. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-10-2>.
24. Jugdaohsingh J. Silicon and bone health. *J Nutr Health Aging*. 2007. 11 (2): 99-110.
25. ГОСТ Р 54316- 2020 «Воды минеральные природные питьевые».
GOST R 54316-2020 "Natural mineral drinking waters" (In Russ.).

REGULATION OF SILICON CONTENT IN DRINKING AND MINERAL WATER: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Rakhmanin Yu.A., Mikhailova R.I., Ryzhova I.N., Kochetkova M.G.

Federal State Budgetary Institution “Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks” of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Abstract. The article deals with the problem of the current state of hygienic rationing of silicon in mineral and drinking water (reagents for water treatment, dissolved compounds of natural silicon) in domestic and foreign practice to ensure safe water use for the population. It is proposed to correct the regulatory framework for silica-containing drinking water in the Russian Federation, taking into account all the accumulated materials.

Keywords: natural silicon, reagents, drinking and mineral water, hygiene standards.

Сведения об авторах

Рахманин Юрий Анатольевич, д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик РАН, главный научный сотрудник ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-2067-8014>

Михайлова Руфина Иринарховна, д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник отдела гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0001-7194-9131>

Рыжова Ирина Николаевна, к.м.н, ведущий научный сотрудник отдела гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-0696-5359>

Кочеткова Марина Германовна, научный сотрудник отдела гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0001-9616-4517>

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 614.76:616.00

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЕТЕЙ МОНОГОРОДОВ
РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ УДМУРТСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ)**

Сабилова З.Ф., Иванова С.В.*, Скворонская С.А., Хрипач Л.В.

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

Резюме. Здоровье детского населения является наиболее чувствительной характеристикой среды обитания. Целью нашего исследования явилась оценка первичной заболеваемости детского населения промышленных моногородов (на примере средних по численности населения поселений Удмуртской Республики). Проведен анализ заболеваемости детей (0–14 лет) г. Глазова (опытный), г. Воткинска, г. Сарапула (города сравнения) и показателями Удмуртской Республики (в целом) в динамике за 2016–2020 гг. Рассматриваемые города расположены в одной климатической зоне, идентичны по численности населения, социально-экономическим факторам, качеству и уровню медицинского обеспечения. Установлено, что уровень первичной заболеваемости детского населения в г. Глазове почти в 2 раза превышает уровень заболеваемости детей в городах сравнения и в 1,5 раза выше республиканского уровня. Первое ранговое место среди заболеваний детей на изученных территориях занимают болезни органов дыхания, уровни заболеваемости которыми достоверно превышают уровни заболеваемости остальными

* Адрес для переписки:

Иванова Светлана Владимировна, Sivanova@cspmz.ru

Цитирование: Сабилова З.Ф., Иванова С.В., Скворонская С.А., Хрипач Л.В. Сравнительный анализ заболеваемости детей моногородов России (на примере городских поселений Удмуртской республики). *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 4: 66-81.

Citation: Sabirova Z.F., Ivanova S.V., Skovronskaya S.A., Khripach L.V. Comparative analysis of incidence of children in individual monocities of Russia (by the example of urban settlements of the Udmurt Republic). *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2022. 4: 66-81.

нозологическими формами. Выявлены особенности и тенденции заболеваемости детей, проживающих в средних (50-100 тыс. чел.) моногородах.

Ключевые слова: заболеваемость, дети, моногорода.

Введение

Здоровье детского населения остается на сегодняшний день одним из важнейших критериев социально-экономического благополучия общества и государства [1-4]. Актуальность проблемы обозначена в Федеральном законе «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 г. №323-ФЗ, в котором выделена отдельная статья за №7 «Приоритет охраны здоровья детей». В этой статье подчеркнуто, что «Государство признает охрану здоровья детей как одно из важнейших и необходимых условий физического и психического развития детей».

Ежегодно в Российской Федерации регистрируется до 40 млн. случаев впервые выявленной заболеваемости детей 0–14 лет, которая за последние 25 лет выросла практически по всем классам болезней [1,5].

Здоровье детей является одним из наиболее чувствительных, целостных и информативных медико-биологических показателей, определяющих характеристики среды обитания. В связи с этим уровень здоровья детского населения находится в прямой зависимости от интенсивности, продолжительности влияния загрязнения окружающей среды и степени адаптации к ней [6,7].

При этом большинство исследований посвящены проблемам здоровья населения, проживающего в крупных городах. Отмечается, что практически в каждом промышленном центре наблюдается рост первичной заболеваемости болезнями органов дыхания в результате воздействия повышенных концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе. Наиболее значительное увеличение заболеваемости детского населения по сравнению с контрольными группами выявлено в следующих городах: Тольятти, Стерлитамак, Омск, Уфа, Ангарск, Белово, Каменск-Уральский, Кировоград, Заполярный, Усолье-Сибирское, Красноярск и др. [8-10].

В то же время изучению заболеваемости детей, проживающих в средних и малых городах, не уделяется достаточного внимания. Согласно аналитическому обзору публикаций по проблеме состояния здоровья детского населения (база данных РИНЦ за 2007–2021 гг.) опубликованы единичные исследования, посвященные характеристике здоровья детского населения в следующих городах: Сергиев Посад, Верхняя Пышма, Тихвин и др. [11-14].

Учитывая вышеизложенное, представляется актуальным изучение детской заболеваемости в городах с численностью населения 50–100 тыс. (средние согласно градостроительной классификации). Полученные данные необходимы в качестве источника объективной, достоверной информации для органов управления и организации здравоохранения.

Цель исследования: оценка состояния здоровья детского населения, проживающего в средних городах, экономика которых имеет монопрофильный характер.

Материал и методы

Анализ и оценка первичной заболеваемости детского населения (в возрасте от 0 до 14 лет) выполнены в муниципальном образовании г. Глазова (91921 человек) Удмуртской Республики (далее по тексту УР) по официальным данным государственных форм медицинской статистики (форма государственной статистической отчетности №12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации») в динамике за 2016–2020 гг. В качестве территорий сравнения избраны города УР (г. Сарапул и г. Воткинск), которые по численности населения (94 554 и 96 861 человек) также относятся к средним и расположены в одной климатической зоне с идентичными социально-экономическими условиями и качеством медицинского обеспечения [15-30]. Экономику рассматриваемых городов исторически определяют градообразующие предприятия (в г. Глазове — Чепецкий механический завод, в г. Сарапуле и г. Воткинске — предприятия машиностроения). Данные предприятия являются базой экономического развития городов с долей в структуре промышленного производства от 70 до 85 %. Кроме того, показатели заболеваемости детей сопоставлены с заболеваемостью детского населения Удмуртской Республики в целом.

Численность детского населения по рассматриваемым муниципальным образованиям Удмуртской Республики для последующего расчета уровня заболеваемости получена по данным официальной статистической информации, публикуемой в соответствии с «Административным регламентом предоставления Федеральной службой гос. статистики официальной статистической информации», размещенной на официальном Интернет-портале Росстата (www.rosstat.gov.ru).

Статистическая обработка заболеваемости населения выполнена по избранным классам болезней в соответствии с международной классификацией болезней, травм, причин смерти 10-го пересмотра (МКБ-10), а также по отдельным нозологиям,

относящимся к экологически зависимым, с использованием параметрического и непараметрического методов анализа. Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлены в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2016. Статистический анализ проведен с использованием программы STATISTICA 10.0 (разработчик – StatSoft.Inc).

Рассчитаны среднегодовые показатели (М) и стандартная ошибка, а также границы 95 % доверительного интервала (95 % ДИ) заболеваемости детей по классам (в соответствии с МКБ-10), группам болезней и отдельным заболеваниям с диагнозом, установленным впервые в жизни. Количественные показатели описаны с применением значений медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей (Q1-Q3).

Достоверность различий показателей заболеваемости в сравниваемых населенных пунктах определяли с помощью двустороннего непараметрического теста Манна-Уитни.

Результаты и обсуждение

Первичная заболеваемость населения представляет наибольший интерес с гигиенической точки зрения, так как частота возникновения новых случаев заболеваний во многом определяется интенсивностью воздействия факторов среды обитания на организм человека.

Установлено, что среднегодовые (за 2016–2020 гг.) показатели первичной заболеваемости детского населения г. Глазова превышают заболеваемость детей, проживающих в г. Воткинске в 1,7 раза ($p < 0,007$), в 1,4 раза г. Сарапула ($p > 0,05$), а также выше республиканского уровня в 1,5 раза ($p < 0,032$) (табл.1).

Отметим, что уровень первичной заболеваемости детского населения г. Глазове за все годы наблюдения остается выше, чем в городах сравнения и Удмуртской Республике в целом (рис.1).

В динамике наблюдается рост уровня первичной заболеваемости детей в г. Глазове (темпы прироста 5 % к 2017 г. по сравнению с 2016 г. и 2,4 % к 2018 г. по сравнению с 2017 г.). В последующие годы (2019–2020 гг.) отмечена положительная динамика в виде последовательного снижения уровня детской заболеваемости г. Глазове.

В структуре первичной заболеваемости детского населения на всех исследуемых территориях преобладают болезни органов дыхания, которые занимают 1 ранговое место. При этом в г. Глазове удельный вес болезней органов дыхания за весь период наблюдения достигает 75,6 %, в Удмуртской Республике — 68,8 % (рис.2). На втором месте находятся

Таблица 1. Среднегодовые (за 2016–2020 гг.) показатели первичной заболеваемости детей (в возрасте от 0 до 14 лет) г. Глазова, г. Воткинска, г. Сарапула и Удмуртской Республики (на 1000 детского населения)

Территория	Количество зарегистрированных заболеваний на 1000 детского населения, 95 % CI	
	М ± m, 95 %ДИ	Me [Q1; Q3]
г. Глазов	3158 ± 249 (2467–3848)	3372 [2989; 3539]
г. Воткинск	1835 ± 102 (1551–2119)	1936 [1709; 1961]
г. Сарапул	2335 ± 154 (1907–2763)	2416 [2289; 2589]
Удмуртская Республика	2091 ± 135 (1716–2466)	2215 [2032; 2291]

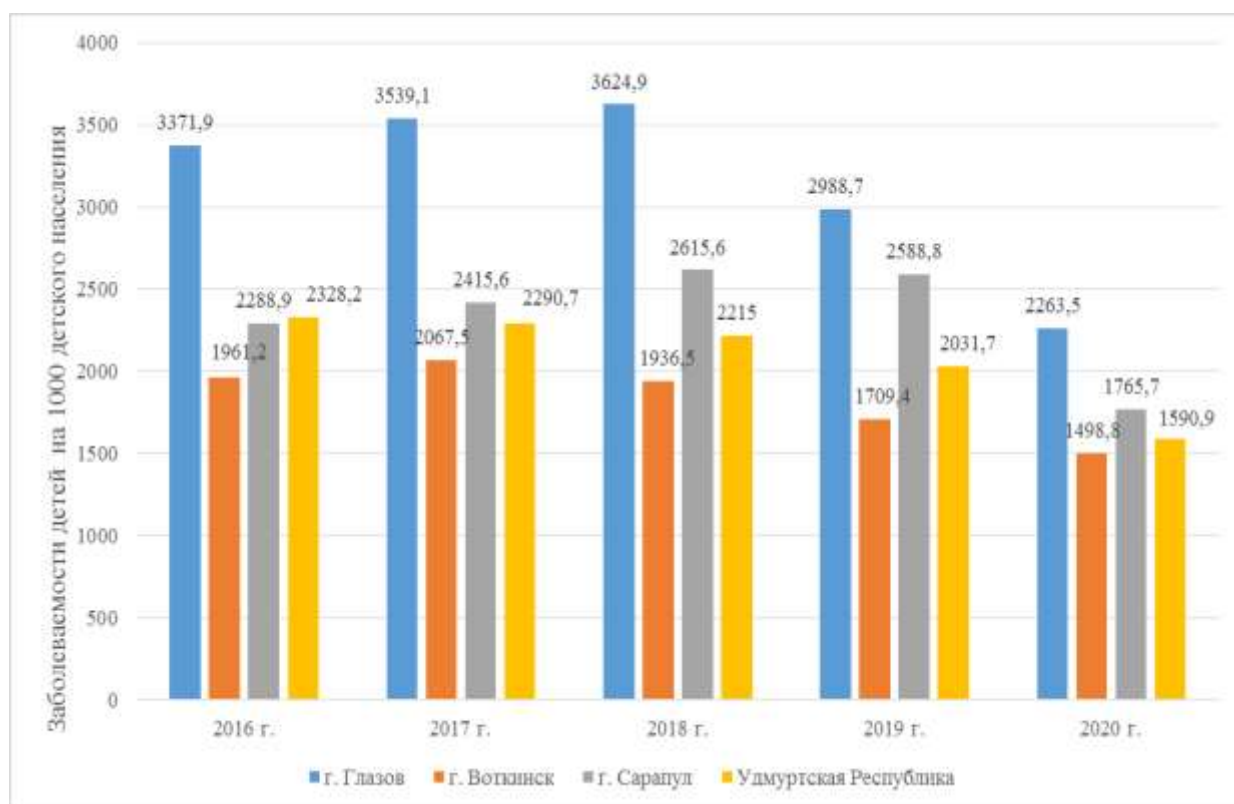


Рисунок 1. Динамика первичной заболеваемости детей (0–14 лет) г. Глазова, г. Воткинска, г. Сарапула и Удмуртской Республики за 2016-2020 гг. (на 1000 детского населения)

травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин, доля которых в г. Глазове ниже республиканского уровня (5,4 %, против 7,4 %). Третье место приходится на инфекционные и паразитарные болезни, удельный вес которых также ниже в г. Глазове (3,5 %), чем в Удмуртской Республике (4,75 %). Ранговые места заболеваемости болезнями кожи и подкожной клетчатки (XII класс по МКБ-10) — 4-е место и болезнями органов пищеварения (XI класс) — 5-е место. При этом их доля в структуре заболеваемости в г. Глазове также ниже по сравнению с аналогичными в Удмуртской Республике (3,4 %, против 4,2 % и 2,7 %, против 3,0 %) соответственно по данным нозологиям (рис.2).

Сравнительный анализ среднегодовых показателей (за период 2016–2020 гг.) заболеваемости детского населения г. Глазова и Удмуртской Республики по классам болезней МКБ-10 представлен в таблице 2.

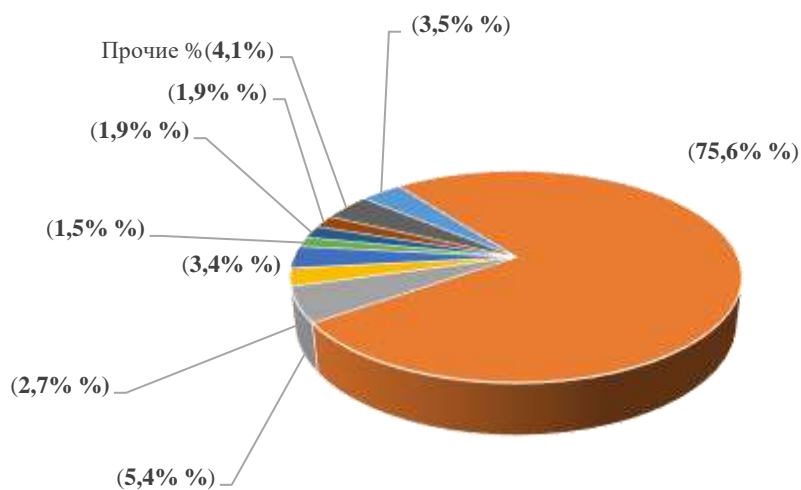
Установлено, что среди всех болезней детского населения лидирует патология органов дыхания. Среднегодовые (за 5-летний период наблюдения) уровни заболеваемости болезнями органов дыхания достоверно превышают уровни заболеваемости остальными нозологическими формами. В качестве примера сопоставим среднегодовой уровень травм и отравлений, занимающих 2 ранговое место в структуре первичной заболеваемости, с уровнем заболеваемости болезнями органов дыхания. Различия уровней по данным нозологиям достигают в г. Глазове — 14,1 раз, в Удмуртской Республике — 9,4 раз.

Наибольший уровень первичной заболеваемости детей болезнями органов дыхания (на 1000 детей соответствующего возраста) установлен в г. Глазове. Так, уровень заболеваемости болезнями органов дыхания детского населения г. Глазов, выше, чем в г. Сарапул в 1,2 раза, по сравнению с г. Воткинск в 1,7 раза и Удмуртской Республикой в 1,56 раза.

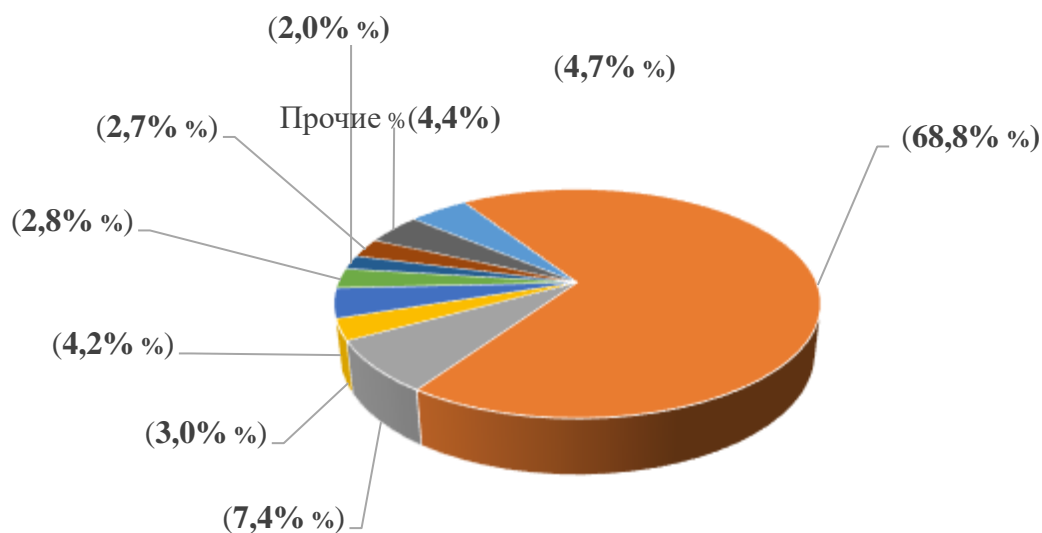
Среднегодовые за период наблюдения уровни заболеваемости болезнями органов дыхания у детей г. Глазов достоверно ($p = 0,008$) выше аналогичных в Удмуртской Республике (табл. 2). В динамике уровень заболеваемости болезнями органов дыхания детей, проживающих в г. Глазове, к 2020 г. снижается в 1,36 раза (с 2539,1 ‰ в 2016 г. до 1856,9 ‰ к 2020 г.); темп убыли 26,9 % (рис. 4). В Удмуртской Республике уровень заболеваемости болезнями органов дыхания детей за тот же период уменьшился также в 1,4 раза (с 1581,9 ‰ до 1124,1 ‰); темп убыли 28,9 %.

На рисунках 5 и 6 представлены уровни заболеваемости детей пневмонией и острыми респираторными инфекциями. Наиболее тяжелая патология с поражением нижних отделов органов дыхания у детей г. Глазова в 2016–2019 гг. ниже, чем в Удмуртской Республике в

целом (рис. 5). При этом заболеваемость острыми респираторными инфекциями выше в г. Глазове (рис. 6), что и обуславливает более высокий уровень болезней органов дыхания (X класс) в этом городе. Следовательно, на этом примере показана необходимость оценки заболеваемости не только по классам болезней, но и по отдельным нозологическим формам, включенным в соответствующий класс по МКБ-10.



г. Глазов



Удмуртская Республика

Рисунок 2. Структура первичной заболеваемости детей (0–14 лет) г. Глазова и Удмуртской Республики (средние показатели за 2016–2020 гг.) по отдельным классам МКБ 10 (%)

Таблица 2. Показатели первичной заболеваемости детского населения (0–14 лет) г. Глазова и Удмуртской Республики по основным классам болезней в 2016–2020 гг. (на 1000 детского населения)

Классы болезней по МКБ-10	Показатели первичной заболеваемости детей (0-14 лет) по основным классам болезней										Среднегодовые показатели за 2016-2020гг.	
	2016г.		2017г.		2018г.		2019г.		2020г.			
	г. Глазов	Удмуртская Республика	г. Глазов	Удмуртская Республика	г. Глазов	Удмуртская Республика	г. Глазов	Удмуртская Республика	г. Глазов	Удмуртская Республика	г. Глазов	Удмуртская Республика
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни	102,8	106	136,5	108	129,9	92,7	120,2	102,5	66,9	75	111,3	96,8
Темп прироста	-	-	32,8	1,9	-4,8	-14,2	-7,5	10,6	-44,3	-26,8	-34,9	-29,2
Новообразования	7,3	5	9,7	5,3	10	5,6	6,5	6	4,6	4,2	7,6	5,2
Темп прироста	-	-	32,9	6	3,1	5,7	-35	7,1	-29,2	-30	-37,0	-16,0
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм	29,1	15,6	23	14,5	11,1	10,9	12,8	9,8	9,2	7,4	17,0	11,6
Темп прироста	-	-	-21	-7,1	-51,7	-24,8	15,3	-10,1	-28,1	-24,5	-68,4	-52,6
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	10,7	8,8	11,5	9,1	13,5	8,7	6,5	10,5	6,2	7,9	9,7	9,0
Темп прироста	-	-	7,5	3,4	17,4	-4,4	-51,9	20,7	-4,6	-24,8	-42,1	-10,2
Болезни нервной системы	59,6	51,4	60,3	46,5	68,4	48,7	62	39,3	49	25,1	59,9	42,2
Темп прироста	-	-	1,2	-9,5	13,4	4,7	-9,4	-19,3	-21	-36,1	-17,8	-51,2
Болезни системы кровообращения	13,6	6,4	35	7,9	37,5	8,6	7	7,2	2,8	3,5	19,2	6,7
Темп прироста	-	-	157,4	23,4	7,1	8,9	-81,3	-16,3	-60	-51,4	-79,4	-45,3
Болезни органов дыхания	2539,1	1581,9	2533,1	1547,3	2638,5	1497,2	2381,2	1406,1	1856,9	1124,1	2389,8	1431,3
Темп прироста	-	-	-0,2	-2,2	4,2	-3,2	-9,8	-6,1	-22	-20,1	-26,9	-28,9
Болезни органов пищеварения	104,8	79,8	147,3	74,6	153	76,8	14	53,2	5,7	27,7	85,0	62,4
Темп прироста	-	-	40,6	-6,5	3,9	2,9	-90,8	-30,7	-59,3	-47,9	-94,6	-65,3
Болезни кожи и подкожной клетчатки	99,9	94,6	125,5	94,7	122,5	93,6	116,9	85,4	64,8	66,9	105,9	87,0
Темп прироста	-	-	25,6	0,1	-2,4	-1,2	-4,6	-8,8	-44,6	-21,7	-35,1	-29,3
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	35,1	20,9	58,2	23,3	39	24,8	3,5	15,4	1,4	8,7	27,4	18,6
Темп прироста	-	-	65,8	11,5	-33	6,4	-91	-37,9	-60	-43,5	-96,0	-58,4
Болезни мочеполовой системы	27,6	28,4	47,1	30,2	41,4	30,7	45,2	32,3	18,3	21,1	35,9	28,5
Темп прироста	-	-	70,7	6,3	-12,1	1,7	9,2	5,2	-59,5	-34,7	-33,7	-25,7
Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения	5,2	7,8	12,8	7,9	10,3	8,7	10,5	9,9	4,1	6,9	8,6	8,2
Темп прироста	-	-	146,2	1,3	-19,5	10,1	1,9	13,8	-61	-30,3	-21,2	-11,5
Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин	211,6	158,3	189,1	157,4	178,1	163,1	143,3	152,4	124,2	133,8	169,3	153,0
Темп прироста	-	-	-10,6	-0,6	-5,8	3,6	-19,5	-6,6	-13,3	-12,2	-41,3	-15,5
COVID-19	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	6,1		

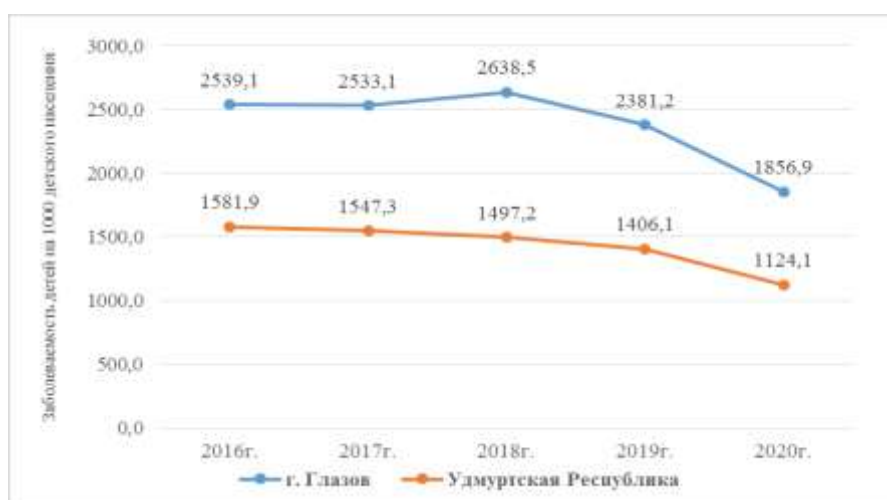


Рисунок 4. Динамика первичной заболеваемости болезнями органов дыхания детей (0–14 лет) г. Глазова и Удмуртской Республики в 2016–2020 гг. (на 1000 детского населения)

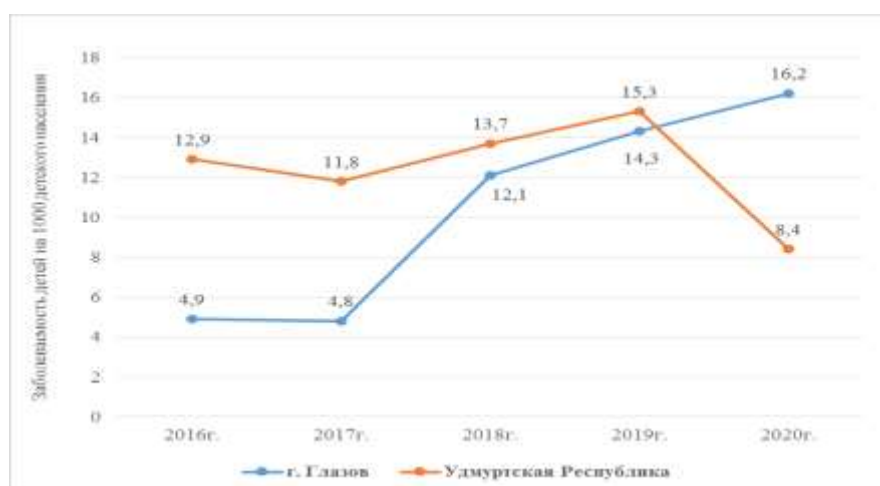


Рисунок 5. Динамика первичной заболеваемости пневмонией детей (0–14 лет) г. Глазова и Удмуртской Республики в 2016–2020 гг. (на 1000 детского населения)

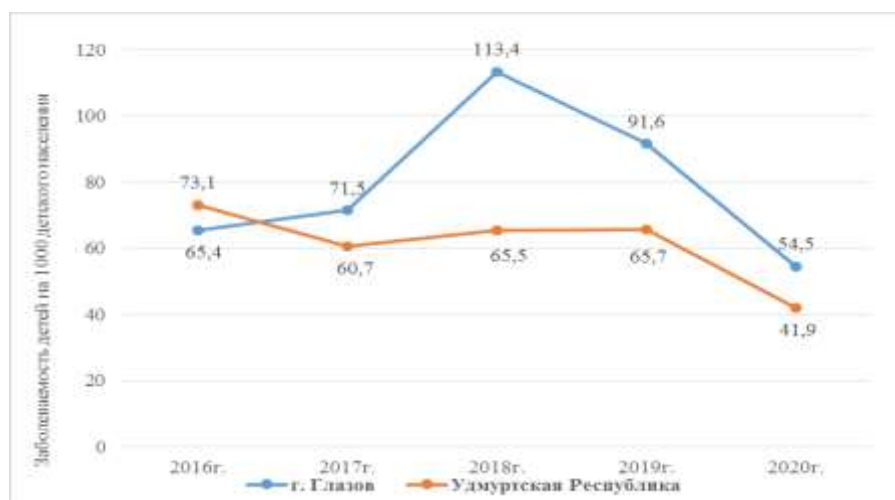


Рисунок 6. Динамика первичной заболеваемости острыми респираторными инфекциями детей (0–14 лет) г. Глазова и Удмуртской Республики в 2016–2020 гг. (на 1000 детского населения)

Обращает на себя внимание заболеваемость детского населения г. Глазова болезнями системы кровообращения и новообразованиями, среднегодовые (за 2016–2020 гг.) показатели по которым превышают уровень заболеваемости по Удмуртской Республике (в целом) в 2,9 и 1,5 раза, соответственно. В динамике выявлен положительный тренд заболеваемости по данным болезням. Так, темп убыли заболеваемости болезнями системы кровообращения составил в 2019 г. –81,3 %, в 2020 г. –60 %, а уровни заболеваемости в эти годы оказались ниже республиканского уровня (7,0 ‰, против 7,2 ‰ в 2019 г. и 2,8 ‰, против 3,5 ‰ в 2020 г.). Аналогичная тенденция определена и по новообразованиям (табл.2).

Среднегодовые (за 5-летний период наблюдения) уровни заболеваемости детского населения г. Глазова и Удмуртской Республики (в целом) по целому ряду нозологических форм: болезни органов пищеварения, кожи и подкожной клетчатки, крови и кроветворных органов, эндокринной системы, врожденные аномалии развития достоверно не различались ($p > 0,05$) (рис. 7). При этом, следует отметить, что в отдельные годы заболеваемость детей, проживающих в г. Глазове превышала республиканский уровень, в т.ч. по болезням органов пищеварения в 1,3 (2016 г.), в 2,0 раза (в 2017 г. и 2018 г.); по болезням крови и кроветворных органов — в 1,9 раза в 2016 г.

Заболеваемость детей Covid-19, впервые представленная в официальной форме гос. статотчетности (форма 12) в 2020 г., в г. Глазове (6,8 ‰), достоверно не отличалась от уровня в Удмуртской Республике (6,1 ‰).

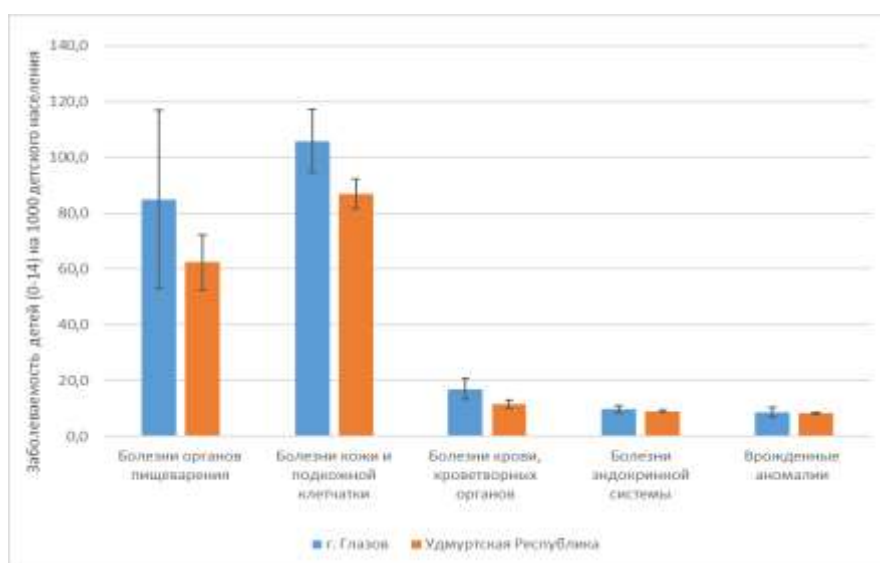


Рисунок 7. Среднегодовые (за период 2016–2020 гг.) уровни первичной заболеваемости по избранным классам болезней детского населения г. Глазова и Удмуртской Республики (на 1000 детского населения)

Заключение

Таким образом, установлено, что уровень первичной заболеваемости детского населения, проживающего в г. Глазове в 1,7 раза превышает уровень заболеваемости в г. Воткинске ($p < 0,007$) и в 1,5 раза — уровень заболеваемости в г. Сарапуле и в Удмуртии в целом ($p < 0,032$). Первое ранговое место среди заболеваний детей на изученных территориях занимают болезни органов дыхания (X класс по МКБ-10), уровни заболеваемости которыми достоверно превышают уровни заболеваемости остальными нозологическими формами. При этом среднегодовые за период наблюдения уровни заболеваемости болезнями органов дыхания у детей г. Глазова достоверно ($p = 0,008$) выше республиканского уровня в основном за счет заболеваемости острыми респираторными инфекциями. В динамике наблюдается рост уровня первичной заболеваемости детей в г. Глазове (темпы прироста 5 % к 2017 г. по сравнению с 2016 г. и 2,4 % к 2018г. по сравнению с 2017г.). В последующие годы (2019–2020 гг.) отмечена положительная динамика в виде последовательного снижения уровня детской заболеваемости в г. Глазове.

Полная, достоверная информация по заболеваемости детского населения на уровне поселений и региона, без сомнения, должна приниматься во внимание в процессе управления и организации здравоохранения, при разработке дифференцированных программ на региональном уровне, а также при формировании долгосрочной стратегии развития здравоохранения.

Финансирование: Исследование выполнено в рамках темы № АААА-А20-120101690059-2 государственного задания.

Благодарности: Авторы благодарят за предоставленные материалы главного врача ФГБУЗ ЦГиЭ №41 ФМБА России А.В. Карманова и Е.Ф. Чинейкину.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Литература / References:

1. Бантьева М.Н., Маношкина Е.М., Соколовская Т.А., Матвеев Э.Н. Тенденции заболеваемости и динамика хронизации патологии у детей 0-14 лет в Российской Федерации. Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]. 2019; 65(5): 10. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2019-65-5-10>
Banteva M.N., Manoshkina E.M., Sokolovskaya T.A., Matveev E.N. Trends in incidence and dynamics of chronic pathology in children aged 0-14 in the Russian Federation. Social'nye aspekty zdorov'a naselenia / Social aspects of population health [serial online] 2019; 65(5):10. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2019-65-5-10> (In Russ.).
2. Левченко О.В., Герасимов А.Н., Кучма В.Р. Влияние социально-экономических

факторов на заболеваемость детей и подростков социально значимыми и основными классами болезней. Здоровье населения и среда обитания. 2018; 8(35): 21-25.

Levchenko O.V., Gerasimov A.N., Kuchma V.R. The impact of socio-economic factors on the incidence of children and adolescents of socially significant and main classes of diseases. Public Health and Life Environment. 2018; (8): 21-25 (In Russ.).

3. Сыровацкая И.В. Статистическое изучение влияния заболеваемости детей и подростков на развитие человеческого потенциала региона. Управление экономическими системами. [Электронный научный журнал]. 2018; 5(111): 19.

Syrovatskaya I.V. Statistical study of the impact of the morbidity of children and adolescents on the development of human potential of the region. Management of economic systems. [Electronic scientific journal]. 2018; 5(111): 19 (In Russ.).

4. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю. Состояние здоровья детей России, приоритеты его сохранения и укрепления. Казанский медицинский журнал. 2018; 4 (99): 698-705. <https://doi.org/10.17816/kmj2018-698>.

Baranov A.A., Albitskiy V.Y. State of health of children in Russia, priorities of its preservation and improving. Kazan medical journal. 2018; 4 (99): 698-705. <https://doi.org/10.17816/kmj2018-698> (In Russ.).

5. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю., Иванова А.А., Терлецкая Р.Н., Косова С.А. Тенденции заболеваемости и состояние здоровья детского населения Российской Федерации. Российский педиатрический журнал. 2012; (6): 4–9.

Baranov A.A., Albitskiy V.Yu., Ivanova A.A., Terletskaia R.N., Kosova S.A. Trends in morbidity and the state of health of the children's population of the Russian Federation. Russian pediatric journal. 2012; (6): 4–9 (In Russ.).

6. Хайдаров А.М., Дусмухамедов Э.Х., Шорустамова Г.Т. и др. Загрязнение окружающей среды и ее негативное воздействие на здоровье детского населения. Stomatologiya. 2017; 4: 8-11.

Khaidarov A.M., Dismukhamedov E.Kh., Shorustamova G.T. et al. Environmental pollution and its negative impact on the health of the children's population. Stomatologiya. 2017; 4: 8-11. (In Russ.).

7. Отавина Е.А., Долгих О.В. The state of the immune status of workers engaged in the chromium ore mining. Health and Safety at The Workplace: материалы II международного научного форума. 2018: 176–178.

Otavina E.A., Dolgikh O.V. The state of the immune status of workers engaged in the chromium ore mining. Health and Safety at The Workplace: Proceedings of the II International Scientific Forum. 2018: 176–178 (In Russ.).

8. Катальская О.Ю. Загрязнение атмосферного воздуха и состояние здоровья детей в промышленном городе Восточной Сибири (проспективное исследование). Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра. 2010; 4: 173–177.

Katulskaia O.Yu. Atmospheric air pollution and health status of children in the industrial city of Eastern Siberia (a prospective study). Bulletin of the East Siberian Scientific Center. 2010; 4: 173–177 (In Russ.).

9. Голиков Р.А., Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения (обзор литературы). Научное обозрение. Медицинские науки 2017; 5: 20-31.

Golikov R.A., Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Shtaiger V.A. Influence of environmental pollution on public health (literature review). Scientific Review. Medical Sciences 2017; 5: 20-31 (In Russ.).

10. Мешков Н.А., Вальцева Е.А., Юдин С.М. Особенности эколого-гигиенической ситуации и состояния здоровья населения в крупных промышленных городах.

Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018; 9: 50-57.
Meshkov N.A., Valtseva E.A., Yudin S.M. Peculiarities of the environmental and hygienic situation and the health status of the population in large industrial cities. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2018; 9: 50-57 (In Russ.).

11. Зуев А.М. Влияние состояния окружающей среды на здоровье жителей Сергиев Посада и района. Актуальные проблемы экопрофилактики и пути их решения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Под общей редакцией Д.В. Воробьева, Н.В. Тимушкиной. 2019. Издательство: Издательство «Саратовский источник» (Саратов). 2019: 103-114.

Zuev A.M. Influence of the state of the environment on the health of residents of Sergiev Posad and the region. Actual problems of ecoprophylaxis and ways to solve them Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Gen.ed. D.V. Vorobieva, N.V. Timushkina. 2019. Publisher: Publishing house "Saratov source" (Saratov), 2019: 103-114 (In Russ.).

12. Кадникова Е.П. Химическое загрязнение среды обитания и состояние здоровья детей дошкольного возраста, по данным социально-гигиенического мониторинга. Здоровье населения и среда обитания. 2019; 2:9-14.

Kadnikova E. Chemical contamination of the environment and health status of preschool children based on socio-hygienic monitoring data. *Public Health and Life Environment*. 2019; 2:9-14. (In Russ.)

13. Горбанев С.А., Саркисян Ф.Ш., Девяткина А.А., Редченко А.В., Радилов А.С., Комбарова М.Ю. Эколого-гигиенический анализ влияния выбросов загрязняющих химических веществ промышленных предприятий г. Тихвина на здоровье населения. Гигиена окружающей и производственной среды. 2012; 2 (43): 68-86.

Gorbanev S.A., Sarkisyan F.Sh., Devyatkina A.A., Redchenko A.V., Radilov A.S., Kombarova M.Yu. Ecological and hygienic analysis of the impact of emissions of polluting chemicals from industrial enterprises in the city of Tikhvin on the health of the population. 2012; 2(43): 68-86 (In Russ.).

14. Гошин М.Е., Сабирова З.Ф., Бударина О.В., Ингель Ф.И., Шипулина З.В., Вальцева Е.А. Оценка состояния здоровья населения при воздействии обладающих запахом компонентов выбросов предприятий агропромышленного комплекса и пищевой промышленности. Гигиена и санитария. 2021; 100(12): 1359-1365. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-12-1359-1365>.

Goshin M.E., Sabirova Z.F., Budarina O.V., Ingel F.I., Shipulina Z.V., Valceva E.A. Assessment of the public health status under the influence of odourous emission components of food and agro-industrial enterprises. *Hygiene and Sanitation*. 2021; 100(12): 1359-1365. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-12-1359-1365> (In Russ.).

15. Численность населения г. Глазова и Удмуртской Республики в 2016-2020гг. Росстат – URL: https://www.gks.ru/scripts/db_inet2/passport/pass.aspx?base = munst94&r = 94720000. (дата обращения 12.09.2022).

Population of the city of Glazov and the Udmurt Republic in 2016-2020 Rosstat - URL: https://www.gks.ru/scripts/db_inet2/passport/pass.aspx?base = munst94&r = 94720000. (accessed 12.09.2022) (In Russ.).

16. Основные показатели здоровья и эффективности использования ресурсов в системе здравоохранения Удмуртской Республики за 2021 г. Ижевск, 2022.

Key indicators of health and resource use efficiency in the healthcare system of the Udmurt Republic for 2021. Izhevsk, 2022 (In Russ.).

17. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Удмуртской Республике в 2016 г.: Государственный доклад – Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Удмуртской

Республике. 2018. 205 с.

On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Udmurt Republic in 2016: State Report - Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Udmurt Republic. 2018. 205p. (In Russ.).

18. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Удмуртской Республике в 2017 г.: Государственный доклад – Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Удмуртской Республике. 2018. 209 с.

On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Udmurt Republic in 2017: State Report - Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Udmurt Republic. 2018. 209 p. (In Russ.).

19. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Удмуртской Республике в 2018 г.: Государственный доклад – Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Удмуртской Республике. 2019. 180 с.

On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Udmurt Republic in 2018: State report - Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Udmurt Republic. 2019. 180p. (In Russ.).

20. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Удмуртской Республике в 2020 г.: Государственный доклад – Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Удмуртской Республике. 2021 186 с.

On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Udmurt Republic in 2020: State report - Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Udmurt Republic 2021. 186p. (In Russ.).

21. Основные показатели здоровья населения и эффективности использования ресурсов в системе здравоохранения Удмуртской Республики за 2016 г: Информационно-аналитический бюллетень. – Ижевск: БУЗ УР «Республиканский медицинский информационно-аналитический центр Министерства Здравоохранения Удмуртской Республики». 2017. 39 с.

Main indicators of public health and the efficiency of resource use in the healthcare system of the Udmurt Republic for 2016: Information and analytical bulletin. - Izhevsk: BUZ UR "Republican Medical Information and Analytical Center of the Ministry of Health of the Udmurt Republic". 2017. 39 p. (In Russ.).

22. Основные показатели здоровья населения и эффективности использования ресурсов в системе здравоохранения Удмуртской Республики за 2017 г: Информационно-аналитический бюллетень. – Ижевск: БУЗ УР «Республиканский медицинский информационно-аналитический центр Министерства Здравоохранения Удмуртской Республики». 2018. 41 с.

Key indicators of public health and the efficiency of resource use in the healthcare system of the Udmurt Republic for 2017: Information and analytical bulletin. - Izhevsk: BUZ UR "Republican Medical Information and Analytical Center of the Ministry of Health of the Udmurt Republic". 2018. 41 p. (In Russ.).

23. Основные показатели здоровья населения и эффективности использования ресурсов в системе здравоохранения Удмуртской Республики за 2018 г: Информационно-аналитический бюллетень. – Ижевск: БУЗ УР «Республиканский медицинский информационно-аналитический центр Министерства Здравоохранения Удмуртской Республики», 2019. 43 с.

Key indicators of public health and the efficiency of resource use in the healthcare system of the Udmurt Republic for 2018: Information and analytical bulletin. - Izhevsk: BUZ UR "Republican Medical Information and Analytical Center of the Ministry of Health of the Udmurt Republic". 2019. 43 p. (In Russ.).

24. Основные показатели здоровья населения и эффективности использования ресурсов в системе здравоохранения Удмуртской Республики за 2019 г: Информационно-аналитический бюллетень. – Ижевск: БУЗ УР «Республиканский медицинский информационно-аналитический центр Министерства Здравоохранения Удмуртской Республики». 2020. 30 с.

Key indicators of public health and the efficiency of resource use in the healthcare system of the Udmurt Republic for 2019: Information and analytical bulletin. - Izhevsk: BUZ UR "Republican Medical Information and Analytical Center of the Ministry of Health of the Udmurt Republic". 2020. 30 p. (In Russ.).

25. Основные показатели здоровья населения и эффективности использования ресурсов в системе здравоохранения Удмуртской Республики за 2020 г: Информационно-аналитический бюллетень. – Ижевск: БУЗ УР «Республиканский медицинский информационно-аналитический центр Министерства Здравоохранения Удмуртской Республики». 2021. 44 с.

Key indicators of public health and the efficiency of resource use in the healthcare system of the Udmurt Republic for 2020: Information and analytical bulletin. - Izhevsk: BUZ UR "Republican Medical Information and Analytical Center of the Ministry of Health of the Udmurt Republic". 2021. 44 p. (In Russ.).

26. Оценка влияния факторов среды обитания на состояние здоровья населения Удмуртской Республики в 2016 г.: Информационно-аналитический бюллетень. – Ижевск: ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Удмуртской Республике». 2017. 79 с.

Assessment of the influence of environmental factors on the health status of the population of the Udmurt Republic in 2016: Information and analytical bulletin. - Izhevsk: FBUZ "Center for Hygiene and Epidemiology in the Udmurt Republic". 2017. 79 p. (In Russ.).

27. Оценка влияния факторов среды обитания на состояние здоровья населения Удмуртской Республики в 2017 г.: Информационно-аналитический бюллетень. – Ижевск: ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Удмуртской Республике». 2018. 63 с.

Assessment of the influence of environmental factors on the health status of the population of the Udmurt Republic in 2017: Information and analytical bulletin. - Izhevsk: FBUZ "Center for Hygiene and Epidemiology in the Udmurt Republic". 2018. 63 p. (In Russ.).

28. Оценка влияния факторов среды обитания на состояние здоровья населения Удмуртской Республики в 2018 г.: Информационно-аналитический бюллетень. – Ижевск: ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Удмуртской Республике». 2019. 62 с.

Assessment of the influence of environmental factors on the health status of the population of the Udmurt Republic in 2018: Information and analytical bulletin. - Izhevsk: FBUZ "Center for Hygiene and Epidemiology in the Udmurt Republic". 2019. 62 p. (In Russ.).

29. Оценка влияния факторов среды обитания на состояние здоровья населения Удмуртской Республики в 2020 г.: Информационно-аналитический бюллетень. – Ижевск: ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Удмуртской Республике». 2021. 50 с.

Assessment of the impact of environmental factors on the health status of the population of the Udmurt Republic in 2020: Information and analytical bulletin. - Izhevsk: FBUZ "Center for Hygiene and Epidemiology in the Udmurt Republic". 2021. 50 p. (In Russ.).

30. Руководство по анализу деятельности учреждений здравоохранения муниципального уровня – М.: ЦНИИОИЗ. 2008. 97с.

Guidelines for the analysis of the activities of health care institutions at the municipal level. – М.: TsNPIOIZ. 2008. 97p.

COMPARATIVE ANALYSIS OF INCIDENTIVITY OF CHILDREN IN INDIVIDUAL MONOCITIES OF RUSSIA (BY THE EXAMPLE OF URBAN SETTLEMENTS OF THE UDMURT REPUBLIC)

Sabirova Z.F., Ivanova S.V., Skovronskaya S.A., Khripach L.V.

Federal State Budgetary Institution “Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks” of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Abstract. The health of the child population is the most sensitive characteristic of the environment. The aim of our study was to assess the primary morbidity of the child population of industrial monocities towns (on the example of medium-sized settlements in the Udmurt Republic). An analysis was made of the incidence of children (0–14 years old) in Glazov (experimental), Votkinsk, Sarapul (cities of comparison) and indicators of the Udmurt Republic (in general) in dynamics for 2016–2020. The cities under consideration are located in the same climatic zone, are identical in terms of population, socio-economic factors, quality and level of medical care. It has been established that the level of primary morbidity among children in the city of Glazov is almost 2 times higher than the level of morbidity among children in cities of comparison and 1.5 times higher than the republican level. The first ranking place among children's diseases in the studied territories is occupied by respiratory diseases, the incidence rates of which significantly exceed the incidence rates of other nosological forms. Peculiarities and trends in the incidence of children living in medium-sized (50–100 thousand people) single-industry towns were revealed.

Keywords: analysis, morbidity, children, monocities.

Сведения об авторах

Сабирова Зульфия Фаридовна, д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-3505-8344>

Иванова Светлана Владимировна, к.б.н., старший научный сотрудник ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0002-2281-1280>

Сковронская Светлана Александровна, к.м.н., старший научный сотрудник ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0002-6374-9292>

Хрипач Людмила Васильевна, д.б.н., ведущий научный сотрудник ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, <https://orcid.org/0000-0003-0170-3085>

СОДЕРЖАНИЕ

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ЗДОРОВЬЕ

Гололобова Т.В., Юдин С.М.3

ЛАКТОБАЦИЛЛЫ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ МИКРОБИОТЫ КИШЕЧНИКА И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ЧЕЛОВЕКА

Загайнова А.В., Федец З.Е., Панькова М.Н., Новожилов К.А., Грищюк О.В., Курбатова И.В....12

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД

Савостикова О.Н., Водянова М.А.26

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМАТИВА БИС[ТЕТРАКИС(ГИДРОКСИМЕТИЛ)ФОСФОНИЙ] СУЛЬФАТА (ТГФС) В ВОДЕ

Мамонов Р.А., Печникова И.А.39

ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА ФАРМПОЛЛЮТАНТОВ, ПОПАДАЮЩИХ В ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ РЕГЕНЕРИРОВАННЫМИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Евсеева И.С., Ушакова О.В., Трегубова Л.Ю.52

РЕГЛАМЕНТИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КРЕМНИЯ В ПИТЬЕВОЙ И МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., Рыжова И.Н., Кочеткова М.Г.59

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЕТЕЙ МОНОГОРОДОВ РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)

Сабирова З.Ф., Иванова С.В., Сковронская С.А., Хрипач Л.В.67

СОДЕРЖАНИЕ.....83

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии»
Министерства здравоохранения Российской Федерации



Издательство:

ФГБУ «Национальный медицинский
исследовательский центр реабилитации
и курортологии» Минздрава России

Адрес редакции:

121099, Москва, Новый Арбат, 32
BerezkinaES@nmicrk.ru
8-499-277-01-05 доб.1065

Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine

Российский журнал экологической и восстановительной медицины

Свидетельство о регистрации СМИ в Роскомнадзоре: Эл № ФС77-82612 от 18 января 2022 г.

[Журнал основан в 2012 году]