

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-1-45-52>
Original Research Article

© Коллектив авторов, 2023

УДК 613.3;614.7; 556.114.6



Некоторые методические подходы к оценке риска здоровью, обусловленного качеством питьевой воды централизованных систем водоснабжения

В.Д. Богданова ✉, М.В. Аленецкая, О.Б. Сахарова

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Школа медицины,
п. Аякс, д. 10, о. Русский, г. Владивосток, 690922, Российская Федерация

Резюме

Введение. В сложившемся многообразии нормативной документации для характеристики воздействия загрязняющих веществ воды централизованных систем водоснабжения на здоровье населения представляется актуальным рассмотреть методические подходы к гигиенической оценке питьевой воды и унифицировать их в соответствии с современными методами.

Цель исследования: анализ методических подходов к оценке риска, обусловленного качеством питьевой воды централизованных систем водоснабжения, на основе данных социально-гигиенического мониторинга.

Материалы и методы. Рассмотрены нормативные документы по оценке риска для здоровья населения, связанного с хроническим воздействием санитарно-химических и органолептических показателей воды централизованных систем водоснабжения. Разработан алгоритм для оптимизации оценки трех видов риска, возможных при анализе санитарно-химических и органолептических показателей: канцерогенный, неканцерогенный и органолептический.

Результаты. Первоначально определены действия при оценке риска для фокусирования внимания на приоритетных показателях и исключения из оценки риска тех химических соединений, методика определения которых не позволяет определить концентрацию или мешает в ее усреднении. Отмечена вариативность оценки неканцерогенного риска за счет различий в значениях безопасных доз/концентраций, порядке расчета значений риска и их интерпретации. Приведена сравнительная характеристика порядка оценки канцерогенного риска и классификация его уровней. Представлен алгоритм оптимизации оценки риска, обусловленного качеством питьевой воды централизованных систем водоснабжения, на основе данных социально-гигиенического мониторинга.

Заключение. Представленный алгоритм, основанный на нормативных документах с авторскими дополнениями, затрагивает большинство аспектов, с которыми сталкиваются гигиенисты при планировании и в процессе исследования влияния качества питьевой воды на здоровье населения. В частности, он позволяет оптимизировать оценку риска, обусловленного воздействием загрязняющих веществ воды централизованных систем водоснабжения, на основе данных социально-гигиенического мониторинга. Кроме того, в нем обобщен установленный в нормативной документации неоднозначный порядок оценки рисков, дополненный опытом отечественных многолетних исследований

Ключевые слова: риск, канцерогенный, неканцерогенный, органолептический, водопотребление, алгоритм.

Для цитирования: Богданова В.Д., Аленецкая М.В., Сахарова О.Б. Некоторые методические подходы к оценке риска здоровью, обусловленного качеством питьевой воды централизованных систем водоснабжения // *Здоровье населения и среда обитания*. 2023. Т. 31. № 1. С. 45–52. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-1-45-52>

Some Methodological Approaches to Assessing Health Risks Related to Potable Water Quality in Centralized Water Supply Systems

Valeriia D. Bogdanova ✉, Marina V. Alenitskaya, Olga B. Sakharova

School of Medicine, Far Eastern Federal University, Ayaks Village, 10 Russky Island,
Vladivostok, 690922, Russian Federation

Summary

Introduction: In the current variety of normative documentation for characterizing the impact of water pollutants from centralized water supply systems on public health, it seems relevant to consider methodological approaches to the hygienic assessment of drinking water and unify them in accordance with modern methods.

Objective: To consider methodological approaches to assessing risks posed by potable water quality in centralized water supply systems based on public health monitoring data.

Materials and methods: The authors reviewed regulatory documents on health risk assessment from chronic exposure to chemicals in tap water. An algorithm has been developed to optimize the assessment of three types of potential risk posed by chemical and organoleptic water quality indicators: carcinogenic, non-carcinogenic, and organoleptic.

Results: In the first place, we determined steps of risk assessment aimed at focusing on priority indicators and excluding those chemicals which method of determination does not allow determining the concentration or interferes with its averaging. The variability in the assessment of non-carcinogenic risk due to differences in the values of safe doses/concentrations and the procedure for calculating risk values and their interpretation was noted. A comparative description of the procedure for assessing carcinogenic risk and the classification of its levels are given. The authors present an algorithm for optimizing risk assessment related to the quality of drinking water from centralized water supply systems based on socio-hygienic monitoring data.

Conclusion: The presented algorithm, which is based on regulations with authors' additions, involves most of the aspects that hygienists face when planning and studying the health effects of drinking water quality. It enables optimization of assessing risks of exposure to water contaminants from centralized water supply systems based on socio-hygienic monitoring data. In addition, it summarizes the ambiguous procedure for risk assessment established in the regulatory documentation, supplemented by the experience of domestic long-term studies.

Keywords: risk, carcinogenic, non-carcinogenic, organoleptic, water consumption, algorithm.

For citation: Bogdanova VD, Alenitskaia MV, Sakharova OB. Some methodological approaches to assessing health risks related to potable water quality in centralized water supply systems. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(1):45–52. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-1-45-52>

Введение. Оценка риска является важнейшим инструментом для исследования влияния факторов среды обитания на здоровье человека. Необходимость внедрения данной методологии для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в Российской Федерации была обозначена еще в конце прошлого столетия¹. Основы анализа риска, описанные в руководстве Р 2.1.10.1920–04², используются повсеместно в мировой практике, и ее важнейшие этапы, включающие идентификацию опасности, оценку экспозиции, оценку доза – реакция и характеристику риска, были заложены еще в 1983 году [1]. Значительно обогатившись результатами экспериментальных и эпидемиологических исследований, методология продолжает дополняться значениями референтных доз, доказательствами канцерогенности и характером влияния на здоровье человека химических соединений, поступающих из среды обитания. Подтверждением этому факту служит существующая открытая электронная база данных о воздействии на здоровье химических веществ в окружающей среде «Объединенная информационная система о риске» (The Integrated Risk Information System, далее – IRIS). Отечественными источниками данных о рисках, связанных с влиянием факторов среды обитания, является Руководство Р 2.1.10.1920–04, опубликованное в 2004 году, для которого позднее предпринимались попытки обновления [2], а также закрытые информационно-прогнозирующие системы, такие как CISRA (упоминаемое в МосМР 2.1.9.004–03³), TERA [3] и др.

Анализ влияния качества питьевой воды на здоровье населения является неотъемлемой частью оценки риска многофакторного воздействия химических веществ. Подчеркивает интерес к данному фактору среды обитания то, что его оценка претерпела значительные изменения и дополнения, а именно предпринята попытка объединить санитарно-токсикологический и органолептический критерии в интегральный показатель риска (МР 2.1.4.0032–11⁴). Данные критерии оценки качества воды, лежащие в основе действующего СанПиН 1.2.3685–21⁵ и известные как лимитирующие показатели вредности (ЛПВ), разработаны с учетом знаний о токсичности показателя в водной среде либо с учетом его восприятия органами чувств человека.

Оценка качества воды по ЛПВ используется при проведении санитарно-гигиенического мониторинга (СГМ) объектов хозяйственно-питьевого водоснабжения. В организации СГМ для обеспечения населения качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения произошли значительные улучшения, связанные с закреплением принципа выбора мониторинговых точек контроля качества воды, порядком отбора проб и перечня показателей, отраженных в СанПиН 2.1.3684–21⁶ и МР 2.1.4.0176–20⁷. В настоящее время данные СГМ объектов хозяйственно-питьевого водоснабжения применяются для увеличения доступности информации о качестве питьевой воды в рамках федеральной программы «Чистая вода»⁸. В связи с этим была запущена «Интерактивная карта контроля качества питьевой воды», которая позволяет гражданам РФ получить

информацию о состоянии систем водоснабжения, о мероприятиях по модернизации инфраструктуры, о качестве питьевой воды в любой точке страны [4, 5]. Это делает результаты СГМ оптимальным материалом для выполнения оценки риска, так как именно он обеспечивает необходимый объем и продолжительность исследования для точности оценки и возможность визуализации распространения риска.

Таким образом, в сложившемся многообразии нормативной документации для характеристики питьевой воды представляется актуальными оптимизация и разработка алгоритма гигиенической оценки воды централизованных систем водоснабжения, а также классификация объектов хозяйственно-питьевого водоснабжения по уровню риска, обеспечивающий соответствие современным методам.

Цель исследования: анализ методических подходов к оценке риска, обусловленного качеством питьевой воды централизованных систем водоснабжения, на основе данных социально-гигиенического мониторинга.

Материалы и методы. Для выполнения целей исследования использованы нормативные документы по оценке риска для здоровья населения, связанного с хроническим воздействием химических и органолептических показателей питьевой воды. К ним отнесены отечественные документы Р 2.1.10.1920–04 (далее – Руководство) и МР 2.1.4.0032–11 (далее – Рекомендации). Учтены периодически обновляющиеся референтные значения IRIS, опирающиеся на токсикологические профили химических соединений, разработанные Агентством по охране окружающей среды (US EPA).

Алгоритм включает в себя три вида риска, которые приведены в указанных документах и возможны при анализе химических и органолептических показателей: канцерогенный, неканцерогенный и органолептический. Их основу составляют химические вещества, для которых могут быть определены концентрации, и сопутствующие комбинации канцерогенных и неканцерогенных рисков, а также органолептических и неканцерогенных рисков.

Результаты. Для удобства с практической точки зрения в оценке риска объединены идентификация опасности и оценка экспозиции в общий этап, в котором работа с базой данных по качеству питьевой воды произведена по всем гигиеническим показателям вне зависимости от вида риска, который они несут в себе. Действия данного этапа для анализа риска приведены в рис. 1. Формирование баз данных по качеству питьевой воды относится к первостепенной задаче мониторинга, без которой невозможен дальнейший анализ риска. Характеристика объектов водоснабжения необходима для поиска закономерности их влияния на качество питьевой воды. Она подразумевает количество населения под воздействием, тип водоисточника, вид населенного пункта, класс и удаленность водоисточника от точки на распределительной сети, методы очистки и обеззараживания воды, устройство водоснабжения.

¹ Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 10 ноября 1997 года № 25; Главного государственного инспектора Российской Федерации по охране природы от 10 ноября 1997 года № 03-19/24-3483 «Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в Российской Федерации». [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420276120> (дата обращения: 08.09.2022).

² Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2005. 161 с.

³ Методические рекомендации. Расчет доз при оценке риска многофакторного воздействия химических веществ. М.: Санэпидмедиа, ГУ «НИИ ЭЧ и ГОС имени А.Н. Сысина РАМН», ММА имени И.М. Сеченова, Консультационный центр по оценке риска, Центр госсанэпиднадзора в г. Москве, 2003. 28 с.

⁴ МР 2.1.4.0032–11 «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности. Методические рекомендации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 31.07.2011).

⁵ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М., 2021. 988 с.

⁶ СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». М., 2021. 69 с.

⁷ МР 2.1.4.0176–20 «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Организация мониторинга обеспечения населения качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения».

⁸ Постановление Правительства РФ от 22.12.2010 № 1092 (ред. от 25.05.2016) «О федеральной целевой программе “Чистая вода” на 2011–2017 годы». [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_109553 (дата обращения: 08.09.2022).

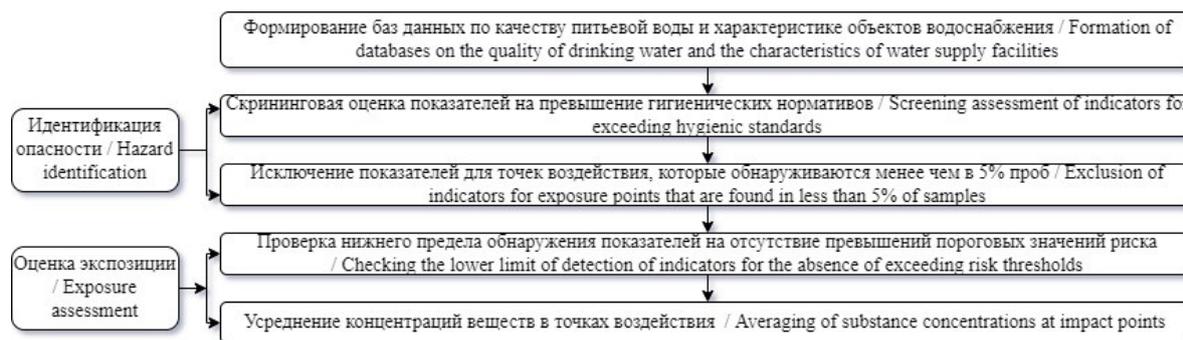


Рис. 1. Оценка качества питьевой воды централизованного водоснабжения по всем гигиеническим показателям вне зависимости от вида риска

Fig. 1. Assessment of drinking water quality of centralized water supply for all hygienic indicators, regardless of the type of risk

Идентификация опасности включает скрининговую оценку показателей на превышение гигиенических нормативов и позволяет сфокусировать внимание исследователя на приоритетных санитарно-химических показателях, которые вероятнее всего и возьмут на себя максимальный удельный вес в суммарной оценке риска. В то же время показатели в точках воздействия, которые обнаруживаются менее чем в 5 % проб, следует исключить из анализа, чтобы избежать значительной асимметрии кривой распределения концентраций веществ.

При оценке экспозиции веществ обращает на себя внимание нижний предел обнаружения метода (НПО), используемый для определения концентраций химических веществ. Требование ГОСТ Р 51232–98⁹ устанавливает верхнюю границу НПО по уровню 0,5 ПДК. В случаях, когда НПО недостаточно низкий, используемые ориентировочные концентрации на данном уровне в анализе риска могут бесосновательно превышать пороговое значение. Для исключения подобных случаев должна быть проведена оценка риска от концентраций веществ на уровне НПО и принято решение об исключении показателей, НПО которых приводит к недопустимым значениям риска.

Усреднение концентраций веществ согласно нормативным документам при оценке хронического воздействия может ориентироваться на среднюю тенденцию экспозиции показателя в точке воздействия, как правило, используются данные 3-летних и более длительного периода наблюдений. При этом согласно Руководству допустимо использование как среднеарифметического значения, так и верхнего предела 95 % доверительного интервала (ДИ). Проанализировав данные, было отмечено, что в случаях, когда наблюдаются единичные превышения ПДК показателя, а в оставшихся пробах результат отмечен на границе НПО метода и не обусловлен погрешностью измерений, верхний предел 95 % ДИ превышает реальную максимальную концентрацию показателя. Данная особенность обусловлена распределением значений выборки, отличным от нормального. В таких случаях использование доверительных границ для среднего значения вводит в заблуждение исследователя. Однако Рекомендации не дают альтернативного варианта усреднения концентрации

для таких случаев. Расчет риска по верхней границе 95 % ДИ вернее всего использовать для показателей СГМ с ежемесячной кратностью отбора при общей продолжительности наблюдения до 5 лет, которые обеспечивают достаточный объем выборки. В остальных случаях для усреднения экспозиций правильнее использовать медиану или процентилю для различных сценариев воздействия, а их ДИ использовать только для представления данных в описательных таблицах.

Согласно группе показателей качества питьевой воды в дальнейшем определяется тип риска (рис. 2). При анализе риска выделяются химические вещества, нормируемые по органолептическому критерию вредности, так как они одновременно могут нести в себе неканцерогенный риск согласно Руководству и органолептический риск согласно Рекомендациям. В целом органолептический риск представлен комбинацией химических соединений (например, алюминий, железо, магний, марганец, нитраты, нефть), органолептических (например, запах, мутность, цветность) и обобщенных показателей (например, водородный показатель), влияющих на восприятие воды органами чувств потребителя.

Показатели, связанные с органолептическим типом воздействия, оцениваются по рискам согласно Рекомендациям и не упоминаются в Руководстве, так как вкладываются в понятие «риска» отличное от основного значения. Органолептический риск отражает восприятие воды органами чувств и не позволяет оценить эффекты на здоровье человека. Изначально подход к оценке риска по органолептическим свойствам воды предложен в МР 2510/5716-97-32¹⁰ и в дальнейшем дополнен в Рекомендациях отдельными моделями для оценки по запаху и привкусу, цветности, мутности, водородному показателю. Все модели объединены индивидуальными порогами действия, в основе которых лежит нормально-вероятностное распределение, связанное с риском обнаружения изменений свойств воды потребителем, но не риском воздействия на здоровье.

Порядок оценки неканцерогенного риска трактуется Руководством и Рекомендациями различно (рис. 3). Согласно Руководству, проводится расчет величины поступления химического



Рис. 2. Определение типа риска по некоторым группам показателей качества питьевой воды

Fig. 2. Determining the type of risk by some groups of drinking water quality indicators

⁹ ГОСТ Р 51232–98 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества». М.: ФГУП «Стандартинформ», 2010. 39 с.

¹⁰ МР 2510/5716-97-32 «Комплексная оценка степени напряженности медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения»: Метод. рекомендации № 2510/5716-97-32. М., 1997. 13 с.

вещества в зависимости от величины контакта, частоты и продолжительности воздействия, массы тела и времени усреднения экспозиции. По Рекомендациям используется концентрация веществ напрямую и обозначается как «средняя ежедневная концентрация вещества, поступающего в организм человека с питьевой водой в течение его жизни». В связи с этим для характеристики неканцерогенного риска по Рекомендациям не применяются референтные дозы, а используется ПДК и его коэффициент запаса, который определяется отношением минимально действующей концентрации в хроническом опыте к ПДК.

Принципиальные различия наблюдаются и в интерпретации неканцерогенного риска. Рекомендации представляют расчет неканцерогенного риска на основе беспороговой модели. Отсутствие порога в данном случае относится к механизму воздействия изучаемых веществ на здоровье населения и не подразумевает, что в этой методике отсутствует приемлемое пороговое значение риска. Характеристика питьевой воды дается по отношению вычисленного значения риска к статистическому уровню значимости, который, как правило, равен 0,02–0,05. Руководство интерпретирует неканцерогенный риск как кратность превышения поглощенной дозы к референтной, показывая относительный риск.

Проанализировав безопасные дозы веществ, представленных в Руководстве, следует отметить, что на территории РФ не существуют открытой системы обновляющихся референтных значений для химических веществ (RfD), несмотря на то что, руководствуясь определению референтных значений, они представляют суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое устанавливается с учетом всех имеющихся современных научных данных. В то же время в IRIS референтные значения открыто обновляются регулярно с отсылкой на проведенные эпидемиологические и экспериментальные исследования, что делает данный ресурс приоритетным. Поэтому

в алгоритм оценки предложено включить расчет коэффициентов риска по референтным значениям IRIS с указанием, как его значение соотносится со значением из Руководства.

Несмотря на широкую распространенность оценки риска при употреблении питьевой воды перорально, всё еще нечасто встречается исследования накожной или ингаляционной экспозиции, так как расчет абсорбированной дозы за одно событие на экспонируемую площадь кожи невозможен на основе данных открытых источников в русскоязычной литературе. В то же время упомянутая выше открытая электронная база IRIS позволяет провести расчеты рисков для всех видов экспозиций, однако ее использование наблюдается преимущественно в зарубежных исследованиях по оценке риска при употреблении воды. Ингаляционный путь не рассматривается в представленном алгоритме, так как представляет собой сценарий, характерный для горячей воды централизованных систем водоснабжения, и типичен для ограниченного числа санитарно-токсикологических показателей, представляющих собой летучие вещества. Горячее водоснабжение и вместе с этим ингаляционный путь поступления химических соединений из нее при организации социально-гигиенического мониторинга остается второстепенным.

Порядок оценки риска от воздействия канцерогенных веществ, затрагивающих вероятность развития злокачественных новообразований, представлен ниже (рис. 4). В основе расчета канцерогенного риска лежит линейная экстраполяция области малых доз в общеизвестной сигмовидной (или S-образной) кривой, отражающей действие токсических веществ. Угол наклона этой прямой зависит как от поступления канцерогенного вещества, так и от фактора канцерогенного потенциала, который является справочным значением. Руководство и Рекомендации сходятся в порядке расчета канцерогенного риска, однако различаются в справочных значениях по величине водопотребления и верхнем пределе приемлемого риска.

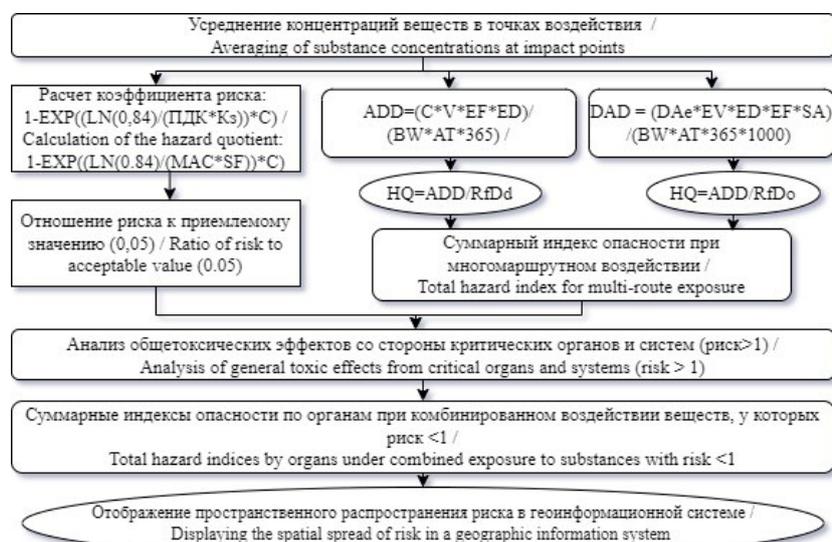


Рис. 3. Порядок оценки неканцерогенного риска, обусловленного качеством питьевой централизованного водоснабжения (примечание: квадратные блоки – порядок оценки согласно Рекомендациям; квадратные блоки с округлыми краями – согласно Руководству; эллипсоидные блоки – с включением дополнительной информации; C – средняя концентрация вещества в питьевой воде либо верхних предел 95 % доверительного интервала; Kз – коэффициент запаса, уменьшающий заведомо токсичную концентрацию при расчете ПДК; V – величина водопотребления, л/день; EF – частота воздействия, дней/год; ED – продолжительность воздействия, лет; BW – масса тела, кг; AT – период усреднения экспозиции, число дней; RfDo – референтная доза вещества для пероральной экспозиции, мг/(кг*день); RfDd – референтная доза вещества для накожной экспозиции, мг/(кг*день); ADD – поглощенная ежедневная доза перорально, мг/(кг*день); EV – частота контакта, число контактов/день; DAD – поглощенная ежедневная доза накожно, мг/(кг*день); DAe – абсорбированная доза за одно событие на экспонируемую площадь кожи, мг/см²-событие; SA – площадь участка кожи, см²; HQ – коэффициент опасности)

Fig. 3. Procedure for assessing non-carcinogenic risk due to the quality of drinking water from centralized water supply (notes: Square blocks – the order of evaluation according to the Recommendations; Square blocks with rounded edges – according to the Guide; Ellipsoid blocks – with the inclusion of additional information; C – the average concentration of the substance in drinking water or the upper limit of the 95 % confidence interval; SF – safety factor that reduces the obviously toxic concentration in the calculation of MAC; V – volume of water consumption, l/day; EF – the frequency of exposure, days/year; ED – the duration of exposure, years; BW – body weight, kg; AT – exposure averaging period, number of days; RfDo – reference dose of a substance absorbed by oral exposure, mg/(kg*day); RfDd – reference dose of a substance absorbed by dermal exposure, mg/(kg*day); ADD – absorbed daily dose by oral exposure, mg/(kg*day); EV – contact frequency, number of contacts/day; DAD – absorbed daily skin dose, mg/(kg*day); DAe – absorbed dose per event per exposed skin area, mg/cm²-event; SA – skin area, cm²; HQ – the hazard quotient)

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-1-45-52>
Original Research Article

Для интерпретации степени опасности в основу взяты целевые риски (таблица), изложенные в руководстве по комплексной профилактике экологически обусловленных заболеваний [6]. Данная классификация подходит как для коэффициента неканцерогенного риска по Руководству, так и для значения по Рекомендациям, равного отношению искомого риска и статистического уровня значимости.

В качестве верхнего допустимого уровня канцерогенного риска используется вероятность одного дополнительного случая рака на 100 000 подвергшихся воздействию людей в течение всей жизни (1×10^{-4}) по Руководству, но Рекомендации предлагают разделять допустимые уровни риска по группе канцерогена на 1×10^{-5} (группа А) и 1×10^{-4} – для остальных. Приемлемое значение органолептического риска выбрано согласно Рекомендациям на основе усредненной доли населения, которое должно быть удовлетворено органолептическими показателями питьевой воды. Разделение надпороговых значений органолептического риска предложено производить в ситуации, в которых выявлены более одного показателя с неприемлемым значением органолептического риска.

Итогом этапа оценки рисков на здоровье населения, включенного в общую методологию, которая также содержит в себе управление рисками и информацию о риске, является ранжирование приоритетных загрязнителей питьевой воды, определение критических систем и органов и гигиеническое районирование по степени риска. Данные характеристики позволяют применить пространственное отображение распространения риска на картограммах. Для этого лучше всего подходит геоинформационная система ArcGIS с привязкой по координатам точек.

Обсуждение. Ряд отечественных авторов проводят оценку риска для здоровья населения, связанного с хроническим воздействием санитарно-химических показателей питьевой воды, объединяя принципы Руководства и Рекомендаций [7–9]. Базовые отличия в интерпретации неканцерогенного риска согласно нормативным документам исследователями не сопоставляются. Например, выделяются исследования, представляющие неканцерогенный риск как вероятность развития симптомов хронической интоксикации на протяжении определенного времени в количестве дополнительных случаев общей заболеваемости [10, 11]. Другие авторы представляют неканцерогенный риск как отношение поглощенной дозы вещества к референтной и его специфическое воздействие на критические органы и системы [12–14].

Для расчета неканцерогенного риска согласно Рекомендациям необходимо обладать информацией о коэффициенте запаса, который использовался при обосновании ПДК каждого используемого в оценке химического вещества. Данные доступных значений коэффициента запаса представлены в материалах к обоснованию гигиенических нормативов некоторых соединений, но полноценно не отражены в Рекомендациях [15–17]. В то же время отсутствие открытых отечественных информационных систем не позволяет провести оценку риска при накожном и ингаляционном воздействии загрязняющих веществ воды с использованием одного лишь Руководства, вынуждая исследователей прибегать к альтернативным зарубежным источникам информации [18, 19], либо отказу от многомаршрутной экспозиции воды [13, 14, 20].

При определении факторов экспозиции за стандартную величину водопотребления для взрослого населения принимают



Рис. 4. Порядок оценки канцерогенного риска, обусловленного качеством питьевой воды централизованного водоснабжения (примечание: квадратные блоки с округлыми краями – согласно Руководству; эллипсоидные блоки – с включением дополнительной информации; C – средняя концентрация вещества в питьевой воде либо верхних предел 95 % доверительного интервала; V – величина водопотребления, л/день; EF – частота воздействия, дней/год; ED – продолжительность воздействия, лет; BW – масса тела, кг; AT – период осреднения экспозиции, число дней; Sfo – фактор канцерогенного потенциала для пероральной экспозиции ($\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{день})^{-1}$); Sfd – фактор канцерогенного потенциала для накожной экспозиции ($\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{день})^{-1}$); ADD – поглощенная ежедневная доза, $\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{день})$; EV – частота контакта, число контактов/день; DAD – поглощенная ежедневная доза накожно, $\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{день})$; DAe – абсорбированная доза за одно событие на экспонируемую площадь кожи, $\text{мг}/\text{см}^2$ -событие; SA – площадь участка кожи, см^2 ; CR – канцерогенный риск)

Fig. 4. Procedure for assessing carcinogenic risk due to the quality of drinking water from centralized water supply (notes: Square blocks with rounded edges – according to the Guide; Ellipsoid blocks – with the inclusion of additional information; C – the average concentration of the substance in drinking water or the upper limit of the 95 % confidence interval; V – volume of water consumption, l/day; EF – the frequency of exposure, days/year; ED – the duration of exposure, years; BW – body weight, kg; AT – exposure averaging period, number of days; Sfo – carcinogenic potential factor by oral exposure, ($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{day})^{-1}$); Sfd – carcinogenic potential factor by dermal exposure, ($\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{day})^{-1}$); ADD – absorbed daily dose, $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{day})$; EV – contact frequency, number of contacts/day; DAD – absorbed daily skin dose, $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{day})$; DAe – absorbed dose per event per exposed skin area, mg/cm^2 -event; SA – skin area, cm^2 ; CR – cancerogenic risk)

Таблица. Классификация уровней риска обусловленного качеством питьевой воды централизованных систем водоснабжения
Table. Classification of risk levels due to the quality of drinking water from centralized water supply

Органолептический риск / Organoleptic risk		Неканцерогенный риск / Non-carcinogenic risk		Канцерогенный риск / Carcinogenic risk	
Значение / Value	Характеристика / Level	Значение / Value	Характеристика / Level	Значение / Value	Характеристика / Level
< 0,1	Допустимый / Acceptable	< 0,1	Допустимый / Acceptable	$\leq 1 \times 10^{-6}$	Пренебрежимо малый / Negligible
$\geq 0,1$	Неприемлемый / Unacceptable	1,1–3,0	Умеренный / Moderate	$1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-4}$	Допустимый / Acceptable
		$\geq 3,1$	Высокий / High	$\geq 1 \times 10^{-4}$	Неприемлемый / Unacceptable

согласно Руководству – 2 л/сут, согласно Рекомендациям – 3 л/сут. Величина, равная 2 л/сут, соответствует рекомендациям ВОЗ¹¹ и подтверждена результатами анкетирования, проведенного с целью анализа водопотребления среди населения различных регионов Российской Федерации [21, 22]. Стандартная величина водопотребления остается актуальной для многих исследований [7, 8, 23], однако ряд авторов отмечают, что потребление питьевой воды централизованных систем водоснабжения без учета доочистки и приготовления пищи и напитков значительно меньше общего выпиваемого объема воды [24–26], что вносит вклад в неопределенность экспозиции.

Концентрации химических веществ на уровне предела чувствительности методики при оценке риска настораживают исследователей, так как не отражают реальных значений, а показывают возможность выбранного аналитического метода [20]. Для решения данной проблемы Федоров В. Н. и др. [27] предлагают критерии выбора методик количественного химического анализа питьевой воды, в соответствии с которыми может быть проведена оценка риска здоровью населения.

При усреднении концентраций веществ для оценки риска большинство авторов придерживаются Руководства и находят среднеарифметическое значение либо верхний предел 95 % ДИ. Также авторы, которые указывают на статистически отличные от нормального распределения, используют значения медианы, а для аггравированного (преувеличенного) сценария используют значения 90-го или 95-го перцентиля [14, 28, 29]. В методических рекомендациях по организации мониторинга качества питьевой воды (МР 2.1.4.0176–20) аналогично предлагается использование медианы при анализе малого количества данных.

В основном авторы исследований при интерпретации неканцерогенных рисков пользуются единственным пороговым значением, не классифицируя коэффициенты риска в зоне надпороговых значений [13, 23, 29]. Наряду с этим встречаются исследования, в которых за допустимый уровень неканцерогенных эффектов принимали значения до трехкратного превышения референтного значения [18, 21].

Заключение

Исходя из рассмотренной проблемы вариативности оценки риска, обусловленного качеством воды централизованных систем водоснабжения на основе данных социально-гигиенического мониторинга, представляется необходимым обобщить предложения по унификации и оптимизации подходов:

- для оценки объектов питьевого водоснабжения по санитарно-химическим показателям до вычисления показателей риска предложено исходить из их характеристик и НПО методов анализа испытаний, а усреднение показателей производить на основе медианы и перцентилей, если не обосновано соответствие нормальному распределению показателей в точках воздействия;

- для оценки риска предложено дополнить питьевой путь поступления химических соединений кожной экспозицией без учета ингаляционного пути поступления, характерного для горячей воды, так как при организации социально-гигиенического мониторинга воды централизованных систем водоснабжения базисно рассматриваются показатели воды холодного водоснабжения;

- для вычисления коэффициентов канцерогенного и неканцерогенного рисков предложено воспользоваться данными о критических органах и системах, референтными значениями и факторами канцерогенного потенциала IRIS, обновляющимся регулярно по данным эпидемиологических и экспериментальных исследований, дополнительно рекомендуется указывать, как их значение соотносится со значением из Руководства;

- предложено отображение пространственного распространения рисков в геоинформационной системе для представления приоритетных загрязнителей питьевой воды, определения критических систем и органов и гигиенического районирования территорий по уровню риска.

Представленный алгоритм, основанный на действующих нормативных документах с авторскими дополнениями, затрагивает большинство аспектов, с которыми сталкиваются гигиенисты при планировании и в процессе исследования влияния качества питьевой воды на здоровье населения. В частности, он позволяет оптимизировать оценку риска, обусловленного качеством питьевой воды централизованных систем водоснабжения, на основе данных социально-гигиенического мониторинга. Кроме того, в нем обобщен установленный в нормативной документации неоднозначный порядок оценки рисков, дополненный опытом отечественных многолетних исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. National Research Council (US) Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks to Public Health. *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. Washington (DC): National Academies Press (US); 1983. Accessed January 25, 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK216620/>
2. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Авалиани С.Л., Синицына О.О., Шашина Т.А. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования // Анализ риска здоровью. 2015. № 2. С. 4–11.
3. Новиков С.М., Фокин М.В., Шашина Т.А., Додина Н.С. TERA – Российская информационно-прогнозирующая система, опыт применения в оценке риска для здоровья. Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 11. С. 1088–1090. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1088-1090
4. Драй И.В., Шайдуллин Ф.Н., Воецкий И.А., Зимарева С.А., Косьянов М.А., Степанова Н.В. Создание и внедрение информационной системы «Интерактивная карта контроля качества питьевой воды в Российской Федерации» // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах, Пермь, 13–15 мая 2020 года / Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Т. 1. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. С. 284–294.
5. Мясников И.О., Новикова Ю.А., Копытенкова О.И., Евсеева М.Н., Еремин Г.Б. Методические основы организации сбора данных для контроля качества питьевой воды // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 769–774. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-769-774
6. Гашникова Т. В. Об экологическом нормировании качества питьевой воды и производственном контроле за соблюдением его требований // Проблемы укрепления законности и правопорядка: наука, практика, тенденции. 2020. № 13. С. 80–86.
7. Вожаева М.Ю., Холова А.Р., Вагнер Е.В. и др. Оценка качества питьевой воды по результатам расширенных мониторинговых исследований и ее химической безвредности // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 2. С. 117–124. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-2-117-124
8. Архипова С.В., Сучков В.В. Содержание общего железа в питьевой воде-приоритетный фактор, формирующий неканцерогенный риск здоровью населения Самарской области // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах, Пермь, 13–15 мая 2020 года / Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Т. 1. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2020. С. 506–509.
9. Иванютин Н.М., Подовалова С.В., Джапарова А.М. Интегральная оценка питьевых вод из подземных источников бассейна реки Салгир // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 5. С. 493–502. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-5-493-502
10. Шокин Ю.И., Москвичев В.В., Тасейко О.В., Бельская Е. Определение нормативов качества окружающей среды на основе риск-ориентированного подхода // Вестник Российской академии наук. 2020. Т. 90. № 12. С. 1146–1155. doi: 10.31857/S0869587320120245
11. Бянкин А.С., Дарижапов Б.Б., Вотин Г.В. Оценка неканцерогенного риска для здоровья населения, обусловленного пероральным поступлением бора с питьевой водой, на примере планировочного

¹¹ Руководство по обеспечению качества питьевой воды. 4-е изд. [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. 2017. 628 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/dwq-guidelines-4/ru/ (дата обращения: 18.01.2022).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-1-45-52>
Original Research Article

- района Луговое МО ГО «Город Южно-Сахалинск». Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Пермь, 15–16 мая 2019 года. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2019. С. 83–87.
12. Рахматуллина Л.Р., Сулейманов Р.А., Валиев Т.К., Бактыбаева З.Б., Рахматуллин, Н.Р. Оценка риска здоровью населения, связанного с качеством питьевой воды (на примере нефтяных районов Республики Башкортостан) // Анализ риска здоровью. 2021. № 2. С. 33–40. doi: 10.21668/health.risk/2021.2.03
 13. Цунина Н.М., Жернов Ю.В. Оценка риска здоровью населения г. Самары, связанного с химическим загрязнением питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 11 (308). С. 22–26. doi: 10.35627/2219-5238/2019-308-11-22-26
 14. Механтьев И.И. Риск здоровью населения Воронежской области, обусловленный качеством питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 4 (325). С. 37–42. doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42
 15. Егорова Н.А., Кузь Н.В., Синицына О.О. Материалы к обоснованию гигиенического норматива микроцистина-LR в воде водных объектов // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 11. С. 1046–1052. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1046-52
 16. Жолдакова З.И., Мамонов Р.А., Печникова И.А. Актуализация критериев и методов, используемых при обосновании безопасных уровней веществ в воде водных объектов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 8. С. 60–66.
 17. Крийт В.Е. Сладкова Ю.Н., Волчкова О.В., Смирнов В.В., Ананьев В.Ю., Мустафина И.З. Гармонизация гигиенических нормативов содержания химических веществ в питьевой воде: актуальность и основные акценты // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 12 (321). С. 23–29. doi: 10.35627/2219-5238/2019-321-12-23-29
 18. Степанова Н.В., Фомина С.Ф. Перспективные направления в оценке влияния воздействия химических веществ, поступающих с питьевой водой на здоровье // Инновационные процессы в науке и образовании. Пенза: «Наука и Просвещение», 2017. С. 124–132.
 19. Фомина С.Ф., Степанова Н.В. Оценка риска канцерогенных эффектов для детского населения г. Казани при многосредовом воздействии химических веществ окружающей среды // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах, Пермь, 13–15 мая 2020 года / Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Т. 1. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2020. С. 199–206.
 20. Ракитский В.Н., Стёпкин Ю.И., Клепиков О.В., Куролап С.А. Оценка канцерогенного риска здоровью городского населения, обусловленного воздействием факторов среды обитания. Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 3. С. 188–195. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195
 21. Унгурияну Т.Н. Риск для здоровья населения при комплексном действии веществ, загрязняющих питьевую воду // Экология человека. 2011. № 3. С. 14–20.
 22. Безгодов И.В., Ефимова Н.В., Кузьмина М.В. Качество питьевой воды и риск для здоровья населения сельских территорий Иркутской области // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 2. С. 9–15.
 23. Поляков В.Ю., Ревуцкая И.Л., Крохалёва С.И. Оценка перорального поступления железа с питьевой водой города Биробиджана для различных возрастных групп населения // Экология человека. 2018. № 1. С. 20–25. doi: 10.33396/1728-0869-2018-1-20-25
 24. Ковальчук В.К., Ямилова О.Ю., Саенко А.Г. Структура суточного потребления питьевых вод подростковым населением Приморского края в 2012 и 2015 годах // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 6 (291). С. 32–33. doi: 10.35627/2219-5238/2017-291-6-32-33
 25. Механтьев И.И. Субъективная оценка качества потребляемой питьевой воды населением Воронежской области // Санитарный врач. 2020. № 5. С. 63–75. doi: 10.33920/med-08-2005-07
 26. Дроздова Е.В., Просвирякова И.А., Сурувец Т.З., Фираго А.В., Долгина Н.А., Буневич Н.В. Методические подходы при оценке риска для здоровья населения, обусловленного воздействием летучих органических веществ в питьевой воде. Сахаровские чтения 2022 года: экологические проблемы XXI века научной конференции, 19–20 мая 2022 г., г. Минск, Республика Беларусь: в 2 ч. Минск: ИВЦ Минфина, 2022. Ч. 2. С. 77–80. doi: 10.46646/SAKH-2022-2-77-80
 27. Федоров В.Н., Зарицкая Е.В., Новинова Ю.А., Сладкова Ю.Н., Метелица Н.Д. Обоснование выбора методик исследований питьевой воды для целей и задач санитарно-эпидемиологических экспертиз и оценки риска здоровью населения // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 10 (331). С. 15–21. doi: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-15-21
 28. Богданова О.Г., Ефимова Н.В., Багаева Е.Е. Оценка риска для здоровья населения Республики Бурятия, обусловленного повышенным поступлением нитратов и нитритов // Экология человека. 2022. № 1. С. 47–59. doi: <https://doi.org/10.17816/humeco83797>
 29. Сазонова О.В., Сергеев А.К., Чупахина Л.В., Рязанова Т.К., Судакова Т.В. Анализ риска здоровью населения, обусловленного загрязнением питьевой воды (опыт Самарской области) // Анализ риска здоровью. 2021. № 2. С. 41–51. doi: 10.21668/health.risk/2021.2.04

REFERENCES

1. National Research Council (US) Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks to Public Health. *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. Washington (DC): National Academies Press (US); 1983. Accessed January 25, 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK216620/>
2. Rakhmanin YA, Novikov SM, Avaliani SL, Sinitsyna OO, Shashina TA. Actual problems of environmental factors risk assessment on human health and ways to improve it. *Health Risk Analysis*. 2015;(2):4-11. (In Russ.)
3. Novikov SM, Fokin MV, Shashina TA, Dodina NS. Tools for Environmental Risk Assessment (TERA) – Russian information-forecasting systems, experience of application for health risk assessment. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(11):1088-1090. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1088-1090
4. Dray IV, Shaydullin FN, Voetskiy IA, Zimareva SA, Kosyanov MA, Stepanova NV. [Creation and implementation of the information system “Interactive map of drinking water quality control in the Russian Federation”.] In: Popova AY, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020: Proceedings of the Tenth All-Russian Conference with international participation in conjunction with the International Meeting on Environment and Health RISE – 2020 and a Round Table on Food Safety, Perm, May 13–15, 2020*. Perm: Perm National Research Polytechnic Univ. Publ.; 2020;1:284-294. (In Russ.)
5. Myasnikov IO, Novikova YuA, Kopytenkova OI, Evseeva MN, Yeremin GB. Methodological bases of the management of data collection for drinking water quality monitoring. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(8):769-774. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-769-774
6. Gashnikova TV. On environmental standardization of drinking water quality and production control for compliance with its requirements. *Problemy Ukrepleniya Zakonnosti i Pravoporyadka: Nauka, Praktika, Tendentsii*. 2020;(13):80-86. (In Russ.)
7. Vozhdaeva MYu, Kholova AR, Vagner EV, et al. The use of results of expanded monitoring research for the integrated assessment of drinking water according to indices of chemical harmlessness. *Gigiena i Sanitariya*. 2018;97(2):117-124. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-2-117-124
8. Arkhipova SV, Suchkov VV. [The content of total iron in drinking water as a priority factor posing a non-carcinogenic health risk to the population of the Samara region.] In: Popova AY, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020: Proceedings of the Tenth All-Russian Conference with international participation in conjunction with the International Meeting on Environment and Health RISE – 2020 and a Round Table on Food Safety, Perm, May 13–15, 2020*. Perm: Perm National Research Polytechnic Univ. Publ.; 2020;1:506-509. (In Russ.)
9. Ivanyutin NM, Podovalova SV, Dzhaparova AM. Integral assessment of drinking water from underground sources of the Salgir river basin. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(5):493-502. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-5-493-502
10. Shokin Yul, Moskvichev VV, Taseyko OV, Bel'skaya EN. [Determination of environmental quality standards based on a risk-based approach.] *Vestnik Rossiyskoy Akademii Nauk*. 2020;90(12):1146-1155. (In Russ.) doi: 10.31857/S0869587320120245
11. Byankin AS, Darizhapov BB, Votin GV. [Assessment of non-carcinogenic risk to population health posed by oral exposure to boron in drinking water, on the example of the planning area Lugovoe of the city of Yuzhno-Sakhalinsk.] In: *Topical Issues of*

- Risk Analysis in Ensuring Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population and Protecting Consumer Rights: Proceedings of the Ninth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Perm, May 15–16, 2019.* Perm: Perm National Research Polytechnic Univ. Publ.; 2019:83–87. (In Russ.)
12. Rakhmatullina LR, Suleymanov RA, Valeev TK, Baktybaeva ZB, Rakhmatullin NR. Assessing health risks associated with drinking water quality (on the example of regions in Bashkortostan where oil fields are located). *Health Risk Analysis.* 2021;(2):33–40. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2021.2.03.eng
 13. Tsunina NM, Zhernov YuV. Health risk assessment of the population in Samara associated with chemical contamination of drinking water. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2019;(11(308)):22–26. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-308-11-22-26
 14. Mehantiev II. Health risks for the population of the Voronezh Region related to drinking water quality. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2020;(4(325)):37–42. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42
 15. Egorova NA, Kuz NV, Sinitsyna OO. Materials for the substantiation of hygienic standard of microcystin-LR in water of water objects. *Gigiena i Sanitariya.* 2018;97(11):1046–1052. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1046-52
 16. Zholdakova ZI, Mamonov RA, Pechnikova IA. Improvement of criteria and methods for justifying safe levels of substances in water. *Mezhdunarodnyy Zhurnal Prikladnykh i Fundamental'nykh Issledovaniy.* 2019;(8):60–66. (In Russ.)
 17. Kriyit VE, Sladkova YuN, Volchkova OV, Smirnov VV, Ananyev VYu, Mustafina IZ. Harmonization of hygienic standards for chemical drinking water contaminants: relevance and main emphases. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2019;(12(321)):23–29. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-321-12-23-29
 18. Stepanova NV, Fomina SF. Perspective trends in assessment of the health effects of the chemicals ingested with drinking water. In: Gulyaev GYu, ed. *[Innovative Processes in Science and Education.]* Penza: Nauka i Prosveshchenie Publ.; 2017:124–132. (In Russ.)
 19. Fomina SF, Stepanova NV. [Carcinogenic risk assessment of environmental chemicals for the child population of Kazan.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020: Proceedings of the Tenth All-Russian Conference with international participation in conjunction with the International Meeting on Environment and Health RISE – 2020 and a Round Table on Food Safety, Perm, May 13–15, 2020.* Perm: Perm National Research Polytechnic Univ. Publ.; 2020;1:199–206. (In Russ.)
 20. Rakitskii VN, Stepkin Yul, Klepikov OV, Kurolap SA. Assessment of carcinogenic risk caused by the impact of the environmental factors on urban population health. *Gigiena i Sanitariya.* 2021;100(3):188–195. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195
 21. Unguryanu TN. Health risk assessment for integrated exposure of chemical contaminants in tap water. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology).* 2011;(3):14–20. (In Russ.)
 22. Bezgodov IV, Efimova NV, Kuzmina MV. Assessment of the quality of drinking water and risk for the population's health in rural territories in the Irkutsk region. *Gigiena i Sanitariya.* 2015;94(2):15–19. (In Russ.)
 23. Polyakov VYu, Revutskaya IL, Krohalyova SI. Evaluation of iron ingestion with drinking water in different age groups of Birobidzhan. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology).* 2018;(1):20–25. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2018-1-20-25
 24. Kovalchuk VK, Yamilova OYu, Saenko AG. The structure of drinking water daily consumption of adolescent population in Primorsky Territory in 2012 and 2015. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2017;(6(291)):32–33. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2017-291-6-32-33
 25. Mekhantiev II. Subjective assessment of quality of drinking water consumed by the population of the Voronezh region. *Sanitarnyy Vrach.* 2020;(5):63–75. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2005-07
 26. Drazdova AV, Prasvirakova IA, Suravets TZ, Firaho AV, Dalhina NA, Bunevich NV. Methodological approaches to health risks assessment due to exposure of volatile organic chemicals in drinking water. In: Maskevich SA, Germenchuk MG, eds. *Sakharov Readings – 2022: Environmental Problems of the 21st Century: Proceedings of the 22nd International Scientific Conference, Minsk, May 19–20, 2022.* Minsk: Information and Computing Center of the Ministry of Finance of the Republic of Belarus; 2022;2:77–80. (In Russ.) doi: 10.46646/SAKH-2022-2-77-80
 27. Fedorov VN, Zaritskaya EV, Novikova YuA, Sladkova YuN, Metelitsa ND. Substantiation of drinking water quality testing methods of choice for the goals and objectives of sanitary and epidemiologic expert examination and health risk assessment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2020;(10(331)):15–21. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-15-21
 28. Bogdanova OG, Efimova NV, Bagaeva EE. Health risk assessment of the population of the Republic of Buryatia associated with increased nitrate and nitrite intake. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology).* 2022;(1):47–59. (In Russ.) doi: 10.17816/humeco83797
 29. Sazonova OV, Sergeev AK, Chupakhina LV, Ryazanova TK, Sudakova TV. Analyzing health risks caused by contaminated drinking water (experience gained in Samara region). *Health Risk Analysis.* 2021;(2):41–51. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2021.2.04

Сведения об авторах:

✉ **Богданова** Валерия Дмитриевна – ассистент Департамента общественного здоровья и профилактической медицины Школы медицины ДВФУ; e-mail: ha-lera@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5580-5442>.

Аленицкая Марина Владимировна – д.м.н., профессор Департамента общественного здоровья и профилактической медицины Школы медицины ДВФУ; e-mail: trial766@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5191-4713>.

Сахарова Ольга Борисовна – к.м.н., доцент Департамента общественного здоровья и профилактической медицины Школы медицины ДВФУ; e-mail: sakharova.ob@dvfu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8585-7884>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Сахарова О.Б., Аленицкая М.В.*; сбор данных: *Богданова В.Д.*; анализ и интерпретация результатов: *Аленицкая М.В.*; обзор литературы: *Богданова В.Д.*; подготовка проекта рукописи: *Сахарова О.Б., Аленицкая М.В.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 18.10.22 / Принята к публикации: 09.01.23 / Опубликована: 31.01.23

Author information:

✉ Valeriia D. **Bogdanova**, Assistant, Department of Public Health and Preventive Medicine; e-mail: ha-lera@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5580-5442>.

Marina V. **Alenitskaya**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Public Health and Preventive Medicine; e-mail: trial766@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5191-4713>.

Olga B. **Sakharova**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Public Health and Preventive Medicine; e-mail: sakharova.ob@dvfu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8585-7884>.

Author contributions: study conception and design: *Sakharova O.B., Alenitskaya M.V.*; data collection: *Bogdanova V.D.*; analysis and interpretation of results: *Alenitskaya M.V.*; literature review: *Bogdanova V.D.*; draft manuscript preparation: *Sakharova O.B., Alenitskaya M.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of manuscript.

Compliance with ethical standards: The study does not require the submission of the opinion of the biomedical ethics committee.

Funding information: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: October 18, 2022 / Accepted: January 9, 2023 / Published: January 31, 2023