



Обоснование временных отступлений качества питьевой воды с учетом новых научных данных для оценки риска здоровью населения

Д.С. Исаев¹, Н.А. Мозжухина², А.А. Степанян¹

¹ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

Резюме

Введение. С 2024 года действует Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания», что открывает новые возможности для анализа вредного воздействия факторов среды обитания на здоровье человека.

Цель исследования: обоснование временных отступлений качества питьевой воды с учетом новых научных данных с применением методологии оценки риска для здоровья населения.

Материалы и методы. Для исследования выбраны результаты производственного контроля (214 исследований) качества питьевой воды в точке перед поступлением в распределительную сеть городского поселения, полученные за период 2019–2022 гг. Статистическая обработка выполнялась в Microsoft Excel, использовались методы описательной статистики. Временные отступления обосновывались для показателей, медианные значения которых превышали гигиенические нормативы. Оценка риска выполнена по отмененному и новому руководству. В анализ вошли вещества, для которых установлена референтная доза и фактор канцерогенного потенциала. Выполнялся расчет канцерогенного риска, коэффициентов и индексов опасности неканцерогенного риска. Применялись стандартные факторы экспозиции.

Результаты. В результате статистической обработки выявлены превышения гигиенических нормативов медианных значений бора и магния. Согласно выполненной оценке риска здоровью населения значения канцерогенного и неканцерогенного риска здоровью определены на допустимом уровне. Недопустимые значения определялись преимущественно в связи с воздействием мышьяка, концентрация которого в соответствии с новым руководством может быть принята за нулевую. Воздействие бора не вносило значимый вклад в значения риска, а для магния отсутствует референтная доза.

Обсуждение. Подняты вопросы, связанные с отсутствием референтных доз для ряда веществ и исключением веществ из анализа.

Заключение. Значения риска здоровью населения, рассчитанные согласно актуализированному руководству, соответствуют допустимому уровню, угроза здоровью отсутствует, а значит установление временных отступлений для бора и магния обоснованно.

Ключевые слова: оценка риска здоровью, питьевая вода, качество питьевой воды, временные отступления, неканцерогенный риск, референтные дозы.

Для цитирования: Исаев Д.С., Мозжухина Н.А., Степанян А.А. Обоснование временных отступлений качества питьевой воды с учетом новых научных данных для оценки риска здоровью населения // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 5. С. 23–32. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-23-32

Justification of Temporary Deviations in Drinking Water Quality Given New Scientific Data for Health Risk Assessment

Daniil S. Isaev,¹ Natalia A. Mozhukhina,² Alex A. Stepanyan¹

¹ North-West Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya Street, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

Summary

Introduction: Since 2024, Russian R 2.1.10.3968–23, *Guidelines for assessing health risks from exposure to chemical environmental pollutants*, have been in effect, which opens up new opportunities for analyzing adverse human health effects of environmental factors.

Objective: To justify temporary deviations in drinking water quality taking into account new scientific evidence and using the methodology of human health risk assessment.

Materials and methods: For the current study, we selected 214 results of water quality testing before supply to the urban distribution system for the years 2019–2022. The statistical analysis was conducted in Microsoft Excel using descriptive statistical techniques. Temporary deviations were justified for indicators which median values exceeded hygienic standards. Risk assessment was conducted according to both cancelled and updated Guidelines and included substances with established reference doses and carcinogenic potency factors. We calculated carcinogenic risks, non-carcinogenic hazard coefficients and indices using standard exposure factors.

Results: The statistical analysis showed that median levels of boron and magnesium exceeded hygienic standards. According to the results of health risk assessment, values of carcinogenic and non-carcinogenic risks were at an acceptable level. Unacceptable levels were mainly determined for the exposure to arsenic, the concentration of which can be taken as zero in accordance with the new guidelines. Boron exposure did not significantly contribute to risk levels, while for magnesium the reference dose is absent.

Discussion: Questions are raised related to the lack of reference doses for certain chemicals and exclusion of some pollutants from the analysis.

Conclusion: The health risk assessment values calculated in accordance with the updated guidelines are within the acceptable range, indicating that there is no threat to health. This finding supports the establishment of temporary deviations for boron and magnesium.

Keywords: health risk assessment, drinking water, water quality, temporary deviations, non-carcinogenic risk, reference doses.

Cite as: Isaev DS, Mozhukhina NA, Stepanyan AA. Justification of temporary deviations in drinking water quality given new scientific data for health risk assessment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(5):23–32. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-5-23-32

Введение. Обеспечение населения качественной питьевой водой, а также снижение рисков для здоровья при ее употреблении являются основным направлением деятельности Роспотребнадзора на 2024 год, а также приоритетной задачей в обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия.

Для принятия обоснованных управленческих решений или выполнения мероприятий по снижению рисков необходимо достоверно оценивать факторы среды обитания, основываясь на действующих нормативно-методических документах, результатах современных исследований, международных базах данных [1–3]. Методология оценки риска для здоровья продолжает динамично развиваться и встраиваться в деятельность Роспотребнадзора [4–6]. До 2024 года действовало Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду¹, от 2004 г., с выпуска которого прошло практически 20 лет, в связи с чем в последнее время назрела необходимость в актуализации документа [7–10]. С 1 января 2024 года действует новое руководство по оценке риска², в котором обновлены и актуализированы разделы, референтные значения, факторы канцерогенного потенциала, факторы экспозиции. Это открывает новые возможности для анализа вредного воздействия факторов среды обитания на здоровье человека. Наиболее актуальными являются процедуры оценки риска для здоровья от воздействия атмосферного воздуха и питьевой воды. Кроме того, оценка риска применяется в рамках научных исследований, экспертных оценок, а также для установления временных отступлений от гигиенических нормативов качества питьевой воды [11, 12]. В связи с появлением и закреплением в новом руководстве уточненных данных о негативных эффектах ряда химических веществ на здоровье человека актуален вопрос выполнения оценки риска с учетом наиболее современных и адекватных данных. В настоящей работе проведена оценка риска здоровью населения при употреблении питьевой воды из подземного источника водоснабжения в точке перед поступлением в распределительную сеть для обоснования временных отступлений по методике отмененного и нового Руководств, выполнено сравнение полученных результатов.

Цель исследования: обоснование временных отступлений качества питьевой воды с учетом новых научных данных с применением методологии оценки риска для здоровья населения.

Материалы и методы. Для исследования выбраны результаты 214 исследований качества питьевой воды из подземного источника в точке перед поступлением в распределительную сеть городского поселения, проведенных в рамках производственного контроля за период 2019–2022 гг.,

в аккредитованной лаборатории. В программу производственного контроля вошли 50 показателей, из которых в дальнейший анализ были включены 33. Новое руководство сохраняет преемственность основных расчетных формул, оно, как и ранее действовавшее, не позволяет провести оценку риска обобщенных и органолептических показателей. Вследствие этого обобщенные и органолептические показатели, а также вещества, для которых отсутствует референтная доза, из анализа исключались. Статистическая обработка выполнялась в Microsoft Excel, использовались методы описательной статистики с дальнейшим анализом медианных значений, так как распределение отличалось от нормального. Временные отступления обосновывались для показателей, медианные значения которых превышали гигиенические нормативы, в соответствии с федеральным законом о водоснабжении и водоотведении³. Оценка риска выполнена по старому¹ и новому руководствам². Для расчета поступления химических веществ использовались следующие факторы экспозиции: величина потребления воды – 2 л/сут., частота воздействия – 350 дней в году, продолжительность воздействия – 30 лет, период осреднения – 30 лет (для канцерогенов – 70 лет), масса тела – 70 кг. В анализ вошли все вещества, для которых установлена референтная доза (RfD) и фактор канцерогенного потенциала для перорального поступления (Sfo). Выполнялся расчет суточных доз, коэффициентов и индексов опасности неканцерогенного (HQ и HI соответственно) и канцерогенного риска (CR). Расчет неканцерогенного риска выполнялся в 3 вариантах: вариант № 1 – с включением всех веществ; вариант № 2 – с исключением показателей, для которых отсутствуют дозы в новом руководстве; вариант № 3 – с исключением веществ, для которых отсутствуют дозы в новом руководстве и возможно исключение в соответствии с п. 3.2.15 нового руководства.

Результаты. Перечень показателей, вошедших в оценку риска с референтными дозами и факторами канцерогенного потенциала для перорального поступления по отмененному и новому руководствам, представлен в табл. 1.

Согласно табл. 1 выявлены превышения гигиенических нормативов медианными значениями следующих показателей: бор – 0,59 мг/дм³ (норматив – 0,5 мг/дм³), магний – 52,79 мг/дм³ (норматив – 50 мг/дм³).

Для следующих веществ референтная доза в новом руководстве изменилась в сторону уменьшения (7): гексахлорциклогексан (ГХЦГ), йод, кобальт, марганец, мышьяк, ртуть и ее неорганические соединения, цианиды, а в сторону увеличения – для веществ (3): барий, железо общее, медь.

Отметим, что в новом руководстве отсутствуют референтные дозы для следующих показателей (8): аммиак и ионы аммония, бром, водород сульфид, кальций, магний, натрий, нефтепродукты, свинец.

¹ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

² Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека, 2023. 221 с.

³ Федеральный закон «О водоснабжении и водоотведении» от 07.12.2011 № 416-ФЗ. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <http://actual.pravo.gov.ru/content/content.html#pnum=0001201112080005> (дата обращения: 15.02.2024).

Таблица 1. Перечень исследуемых показателей
Table 1. The list of chemicals under study

CAS	Показатель / Chemical	N**	C***	RFDст./old	RFDн./new	SFOст./old	SFOн./new
94-75-7	2,4-Д* / 2,4-D	2	0,0001	0,01	0,01	0,019	0,019
7429-90-5	Алюминий* / Aluminum	17	0,04	1	1	–	–
7664-41-7	Аммиак и ионы аммония суммарно / Ammonia and ammonium ions, total	17	0,081	0,98	–	–	–
7440-39-3	Барий* / Barium	2	0,05	0,07	0,2	–	–
7440-41-7	Бериллий* / Beryllium	2	0,0001	0,002	0,002	4,3	4,3
7440-42-8	Бор / Boron	11	0,59	0,2	0,2	–	–
7726-95-6	Бром / Bromine	1	0,226	1	–	–	–
7783-06-4	Водород сульфид* / Hydrogen sulfide	2	0,002	0,003	–	–	–
319-84-6	ГХЦГ* / HCH	1	0,0001	0,005	0,0003	6,3	6,3
50-29-3	ДДТ* / DDT	2	0,0001	0,0005	0,0005	0,34	0,34
7439-89-6	Железо общее* / Total iron	17	0,1	0,3	0,7	–	–
7553-56-2	Йод* / Iodine	2	0,1	0,017	0,01	–	–
7440-43-9	Кадмий* / Cadmium	2	0,0001	0,0005	0,0005	0,38	0,38
7440-70-2	Кальций / Calcium	1	19,64	41,4	–	–	–
7440-48-4	Кобальт / Cobalt	2	0,007	0,02	0,0003	–	–
7439-95-4	Магний / Magnesium	2	52,79	11	–	–	–
7439-96-5	Марганец / Manganese	18	0,01	0,14	0,024	–	–
7440-50-8	Медь* / Copper	17	0,001	0,019	0,04	–	–
7439-98-7	Молибден* / Molybdenum	1	0,01	0,005	0,005	–	–
7440-38-2	Мышьяк* / Arsenic	2	0,005	0,0003	3,5E-06	1,5	1,5
7440-23-5	Натрий / Sodium	2	66,55	34,3	–	–	–
	Нефтепродукты / Oil products	12	0,005	0,03	–	–	–
7440-02-0	Никель* / Nickel	2	0,001	0,02	0,02	–	–
14797-55-8	Нитраты / Nitrates	17	19,2	1,6	1,6	–	–
14797-65-0	Нитриты / Nitrites	17	0,058	0,1	0,1	–	–
7439-97-6	Ртуть и ее неорганические соединения* / Mercury and its inorganic compounds	2	0,0001	0,0003	0,00016	–	–
7439-92-1	Свинец* / Lead	2	0,001	0,0035	–	0,047	0,085
7782-49-2	Селен* / Selenium	2	0,0001	0,005	0,005	–	–
7440-24-6	Стронций / Strontium	2	2,85	0,6	0,6	–	–
108-95-2	Фенол / Phenol	11	0,00067	0,3	0,3	–	–
7440-47-3	Хром общий* / Total chromium	11	0,025	0,003	0,003	–	–
57-12-5	Цианиды* / Cyanides	2	0,01	0,02	0,0006	–	–
7440-66-6	Цинк* / Zinc	11	0,005	0,3	0,3	–	–

Примечание: * – указанные вещества определялись в 100 % случаев менее предела обнаружения методики определения; ** – количество исследований; *** – медианная концентрация вещества.

Notes: * in 100 % of cases, these chemicals were found in concentrations below the method limit of detection; ** number of tests; *** median concentration; HCH, hexachlorocyclohexane; DDT, dichlorodiphenyltrichloroethane.

Кроме того, в таблице указаны показатели, которые могут быть исключены в соответствии с п. 3.2.15 нового руководства, гласящим: «Концентрация в исследуемой точке может быть условно принята нулевой, если вещество обнаруживается в менее чем 5 % отобранных проб и нет убедительных доказательств того, что это химическое соединение является специфическим и характерным компонентом загрязнения среды обитания на исследуемой территории». Следовательно, представляется возможным исключить из анализа 20 показателей: 2,4-Д, алюминий, барий, бериллий, водород сульфид, ГХЦГ, ДДТ, железо общее, йод, кадмий, медь, мышьяк, молибден, никель, ртуть

и ее неорганические соединения, свинец, селен, хром общий, цианиды, цинк.

Таким образом, согласно проведенному анализу, новое руководство позволяет исключить из оценки риска 26 показателей: для 6 показателей отсутствует референтная доза, для 20 концентрация принята за ноль, для 2 отсутствует референтная доза и концентрация принята за ноль. В оценку вошли 7 показателей: бор, кобальт, марганец, нитраты, нитриты, стронций, фенол.

Факторы канцерогенного потенциала остались без изменения, за исключением значения для свинца (увеличился с 0,047 до 0,085).

В табл. 2 приведены расчеты канцерогенного риска, расчеты представлены по варианту № 1, так как по варианту № 3 представляется возможным исключить все вещества, формирующие итоговое значение риска.

Результаты расчетов канцерогенного риска по отмененному и новому руководствам без исключения соединений, для которых концентрация была принята условно нулевой, значимо не отличаются. В табл. 3 указаны результаты расчетов неканцерогенного риска по вариантам № 1 и 3, так как не включенные в варианте № 2 показатели не достигали 0,1 HQ, за исключением магния (HQ = 0,1315), и не оказали значительного влияния на полученный результат. Описание вариантов расчетов неканцерогенного риска представлено в разделе «Материалы и методы».

По результатам расчета неканцерогенного риска в варианте расчета № 1 на первом ранговом месте (старое/новое руководство) – мышьяк, на втором – нитраты/кобальт, на третьем – хром общий/цианиды. В варианте расчета № 3 на первом ранговом месте – нитраты/кобальт, на втором – стронций/нитраты, на третьем – бор/стронций. Исключение показателей в третьем варианте значимо повлияло на результат, особенно по новому руководству, где значение неканцерогенного риска для мышьяка определялось на уровне HQ = 39,14, однако было исключено.

Далее проводился расчет индексов опасности для критических органов и систем по вариантам № 1 и 3, результаты которого представлены в табл. 4.

По варианту № 1, согласно старому руководству, наиболее уязвимые органы и системы – сердечно-сосудистая система, желудочно-кишечный тракт, гормональная система; согласно новому – развитие, кожа, сердечно-сосудистая система. По варианту № 3, согласно отмененному руководству, – кровь, сердечно-сосудистая система, костная система; согласно новому – эндокринная система, кровь. Недопустимые значения определялись только по первому варианту, в соответствии с новым руководством (HI = 39,237), преимущественно в связи с воздействием мышьяка.

Временные отступления обосновывались для бора и магния. Бор не вносил значимый вклад в значения риска, а для магния отсутствует референтная доза. С учетом результатов расчета по

3-му варианту риск здоровью являлся допустимым, возможно установление временных отступлений для бора и магния.

Обсуждение. Обсуждению подлежит в первую очередь отсутствие референтных доз для следующих показателей: аммиак и ионы аммония (4-й класс опасности), бром (2-й класс опасности), водорода сульфид (4-й класс опасности), кальций, магний (3-й класс опасности), натрий (2-й класс опасности), нефтепродукты, свинец (2-й класс опасности). В соответствии с US EPA⁴ эффекты на здоровье могут быть вызваны даже незначительными концентрациями свинца неорганического в крови, следовательно, некорректно устанавливать какие-либо референтные дозы. Вместе с тем имеется убедительная доказательная база существования негативного воздействия свинца в питьевой воде, прежде всего в отношении ряда ферментов крови и поведенческих реакций детей [13–15], которая заставляет настороженно относиться к исключению свинца из оценки неканцерогенного риска. Аммиак и ионы аммония образуются в организме человека (большая часть в ЖКТ при переваривании белка) в гораздо большем количестве (более 4 г в сутки), чем может поступить с питьевой водой, трансформируются в мочевины и затем элиминируются из организма⁵. Кроме того, аммиак и ионы аммония нормируются по органолептическому критерию. Следовательно, отсутствие референтной дозы не приведет к занижению риска для здоровья. Что касается брома, кальция, натрия и магния в открытых международных базах данных какие-либо оценки токсических свойств при их пероральном поступлении обнаружены не были. Вопрос отсутствия в новом руководстве референтной дозы для кальция и магния особенно актуален в связи с тем, что одной из причин несоответствия качества питьевой воды из подземных источников является превышение гигиенических нормативов по общей жесткости [16, 17]. Общая жесткость отображает содержание в питьевой воде ионов кальция, магния и в меньшей степени стронция и бария, при наличии этих показателей в программе производственного контроля представляется возможным достоверно сделать вывод об отсутствии или наличии угрозы здоровью при превышении общей жесткости [11]. Этот вопрос можно рассмотреть и с другой стороны: кальций

Таблица 2. Результаты расчета канцерогенного риска
Table 2. Results of carcinogenic risk (CR) calculation

CAS	Показатель / Chemical	CR _{ст./old}	Ранг / Rank	CR _{н./new}	Ранг / Rank
94-75-7	2,4-Д / 2,4-D	2,23E-08	7	2,23E-08	7
7440-41-7	Бериллий / Beryllium	5,05E-06	3	5,05E-06	3
319-84-6	ГХЦГ / HCH	7,4E-06	2	7,4E-06	2
50-29-3	ДДТ / DDT	3,99E-07	6	3,99E-07	6
7440-43-9	Кадмий / Cadmium	4,46E-07	5	4,46E-07	5
7440-38-2	Мышьяк / Arsenic	8,81E-05	1	8,81E-05	1
7439-92-1	Свинец / Lead	5,52E-07	4	9,98E-07	4
Суммарный канцерогенный риск / Total cancer risk		0,000102	–	0,000102	–

⁴ Lead and compounds (inorganic) [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=277 (дата обращения: 15.02.2024).

⁵ Ammonia [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://iris.epa.gov/document/@deid=340338> [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=277 (дата обращения: 15.02.2024).

Таблица 3. Результаты расчета неканцерогенного риска
Table 3. Results of non-carcinogenic risk calculation

CAS	Показатель / Chemical	HQст./old	Ранг / Rank	HQн./new	Ранг / Rank
Вариант № 1 / Option 1					
7440-38-2	Мышьяк / Arsenic	0,4566	1	39,1389	1
14797-55-8	Нитраты / Nitrates	0,3288	2	0,3288	4
7440-47-3	Хром общий / Total chromium	0,2283	3	0,2283	6
7553-56-2	Йод / Iodine	0,1612	4	0,274	5
7439-95-4	Магний / Magnesium	0,1315	5	–	–
7440-24-6	Стронций / Strontium	0,1301	6	0,1301	7
7440-42-8	Бор / Boron	0,0808	7	0,0808	8
7439-98-7	Молибден / Molybdenum	0,0548	8	0,0548	9
7440-23-5	Натрий / Sodium	0,0532	9	–	–
7440-39-3	Барий / Barium	0,0196	10	0,0068	14
7783-06-4	Водород сульфид / Hydrogen sulfide	0,0183	11	–	–
14797-65-0	Нитриты / Nitrites	0,0159	12	0,0159	11
57-12-5	Цианиды / Cyanides	0,0137	13	0,4566	3
7440-70-2	Кальций / Calcium	0,013	14	–	–
7440-48-4	Кобальт / Cobalt	0,0096	15	0,6393	2
7439-89-6	Железо общее* / Total iron	0,0091	16	0,0039	17
7439-97-6	Ртуть и ее неорганические соединения / Mercury and its inorganic compounds	0,0091	16	0,0171	10
7439-92-1	Свинец / Lead	0,0078	18	–	–
7726-95-6	Бром / Bromine	0,0062	19	–	–
50-29-3	ДДТ / DDT	0,0055	20	0,0055	15
7440-43-9	Кадмий / Cadmium	0,0055	20	0,0055	15
–	Нефтепродукты / Oil products	0,0046	22	–	–
7664-41-7	Аммиак и ионы аммония суммарно / Ammonia and ammonium ions, in sum	0,0023	23	–	–
7439-96-5	Марганец / Manganese	0,002	24	0,0114	12
7440-50-8	Медь / Copper	0,0014	25	0,0007	21
7440-41-7	Бериллий / Beryllium	0,0014	26	0,0014	18
7440-02-0	Никель / Nickel	0,0014	26	0,0014	18
7429-90-5	Алюминий / Aluminum	0,0011	28	0,0011	20
319-84-6	ГХЦГ / HCN	0,0005	29	0,0091	13
7782-49-2	Селен / Selenium	0,0005	29	0,0005	22
7440-66-6	Цинк / Zinc	0,0005	31	0,0005	23
94-75-7	2,4-Д / 2,4-D	0,0003	32	0,0003	24
108-95-2	Фенол / Phenol	0,0001	33	0,0001	25
Вариант № 3 / Option 3					
14797-55-8	Нитраты / Nitrates	0,3288	1	0,3288	2
7440-24-6	Стронций / Strontium	0,1301	2	0,1301	3
7440-42-8	Бор / Boron	0,0808	3	0,0808	4
14797-65-0	Нитриты / Nitrites	0,0159	4	0,0159	5
7440-48-4	Кобальт / Cobalt	0,0096	5	0,6393	1
7439-96-5	Марганец / Manganese	0,002	6	0,0114	6
108-95-2	Фенол / Phenol	0,0001	7	0,0001	7

и магний являются эссенциальными элементами, и результаты эпидемиологических исследований указывают на возможную взаимосвязь концентраций этих элементов с увеличением смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы, особенно в группах со сниженным потреблением кальция и магния с пищей или женщин в постменопаузе [18–21]. В случае отсутствия пороговой модели

для повышенного содержания эссенциальных элементов [22] актуальна была бы разработка модели для минимально необходимого ежедневного поступления. Для водорода сульфида установлено, что референтная доза в 0,003 мг/кг/день была определена по исследованию, результаты которого воспроизвести не удалось, поэтому на настоящий момент референтная доза для показателя

Таблица 4. Результаты расчета индексов опасности по критическим органам и системам

Table 4. Results of calculating hazard indices (HI) by critical organs and systems

Критические органы и системы / Critical organs and systems	Количество веществ с однонаправленным действием / Number of substances with unidirectional mechanism of action	HI	Ранг / Rank
Вариант № 1, отмененное руководство / Option 1, cancelled Guidelines			
ССС / Cardiovascular system	7	0,997158	1
ЖКТ / Gastrointestinal system	11	0,928199	2
Гормональная система / Endocrine system	8	0,652166	3
ЦНС / Central nervous system	9	0,62414	4
Кожа / Skin	5	0,474758	5
ПНС / Peripheral nervous system	3	0,466713	6
Почки / Kidneys	11	0,462126	7
Печень / Liver	10	0,37791	8
Кровь / Blood	10	0,37636	9
Слизистые / Mucous membranes	2	0,237443	10
Органы дыхания / Respiratory organs	3	0,139938	11
Костная система / Skeletal system	2	0,130137	12
Репродуктивная система / Reproductive system	3	0,097782	13
Развитие / Development	3	0,088711	14
Биохимия крови / Blood biochemistry	3	0,023089	15
Иммунная система / Immune system	2	0,018265	16
Глаза / Eyes	2	0,008456	17
Масса тела / Body weight	3	0,008219	18
Селезенка / Spleen	1	0,002264	19
Углеводный обмен / Carbohydrate metabolism	1	0,002264	19
Вариант № 1, новое руководство / Option 1, new Guidelines			
Развитие / Development	3	39,23689	1
Кожа / Skin	2	39,13949	2
Органы дыхания / Respiratory organs	1	39,13894	3
ССС / Cardiovascular system	1	39,13894	3
Эндокринная система / Endocrine system	2	0,913242	5
Кровь / Blood	6	0,574247	6
Репродуктивная система / Reproductive system	1	0,456621	7
Почки / Kidneys	5	0,086804	8
ЦНС / Central nervous system	4	0,030183	9
Печень / Liver	3	0,014886	10
Мочеполовая система / Urogenital system	2	0,006849	11
ЖКТ / Gastrointestinal system	4	0,005969	12
Системное воздействие / Systemic effect	3	0,001431	13
Вариант № 3, отмененное руководство / Option 3, cancelled Guidelines			
Кровь / Blood	4	0,356204	1
ССС / Cardiovascular system	2	0,328767	2
Костная система / Skeletal system	1	0,130137	3
Развитие / Development	2	0,080883	4
ЖКТ / Gastrointestinal system	2	0,080883	4
Репродуктивная система / Reproductive system	1	8,08E-02	6
ЦНС / Central nervous system	2	0,002018	7
Почки / Kidneys	1	6,12E-05	8
Вариант № 3, новое руководство / Option 3, new Guidelines			
Эндокринная система / Endocrine system	1	0,639269	1
Кровь / Blood	2	0,344658	2
Развитие / Development	1	0,080822	3
ЦНС / Central nervous system	1	0,011416	4
Системное воздействие / Systemic effect	1	6,12E-05	5

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-5-23-32>
Original Research Article

отсутствует⁶. Содержание нефтепродуктов относится к обобщенным показателям, оценка которого достаточно неопределенна. В целом исключение этих веществ не оказало значимого влияния на итоговое значение риска здоровью населения, а динамичный пересмотр значений референтных доз соответствует международной практике [14, 23–27].

Значительно повлияло на результаты оценки риска исключение показателей, концентрация которых была условно принята нулевой в соответствии с п. 3.2.15: «Концентрация в исследуемой точке может быть условно принята нулевой, если вещество обнаруживается в менее чем 5 % отобранных проб и нет убедительных доказательств того, что это химическое соединение является специфическим и характерным компонентом загрязнения среды обитания на исследуемой территории». Для питьевой воды из подземного источника перед подачей в распределительную сеть в соответствии с санитарными требованиями⁷ необходим отбор проб не менее 4 раз в год – на каждый сезон (весенний, летний, осенний, зимний); кроме того, для неорганических и органических соединений кратность должна быть не менее 1 пробы в год. Для воды перед подачей в распределительную сеть из поверхностного водоисточника для населенного пункта с численностью населения менее 100 тыс. человек количество исследований должно составить не менее 4 в год, более 100 тысяч – 12 в год. Пункт 5.5.2.6 гласит: «Преимуществом следует отдавать результатам государственного и производственного контроля (за период не менее одного года, желательнее за 3 года наблюдения), особенно по расширенным исследованиям», итогом получаем 1–3 пробы для воды из подземных источников водоснабжения, 4–12 проб для воды из поверхностных водоисточников (максимум 36 исследований показателей), которые формируют итоговое значение риска здоровью. Является ли убедительным доказательством отсутствие вещества в трех пробах – вопрос дискуссионный. В случае с подземными водами, по нашему мнению, для доказательств того, что химическое соединение не является специфическим и характерным компонентом загрязнения конкретной территории, необходимо использовать материалы, характеризующие геологическое строение водовмещающих пород и гидрогеологические условия формирования качества подземных вод, в том числе паспорта скважин, государственные геологические карты, а также отчеты о результатах поисков и оценки запасов подземных вод [28]. Подобное обоснование представляется необходимым, потому что, как мы видим, при исключении из расчета веществ, для которых концентрация принята условно нулевой (вариант 3), отсутствуют вещества, обладающие канцерогенным риском, и отмечается существенно более низкий уровень неканцерогенного риска.

Стоит отметить, что результаты оценки риска по новому руководству акцентируются на веществах 1-го и 2-го классов опасности, однако это приводит к ситуации, когда только появление вещества в воде, в концентрациях, превышающих уровень определения и не превышающих гигиенических нормативов, будет обуславливать значимый, а как мы видим на примере мышьяка, определяющий вклад в итоговое значение риска.

В соответствии с пунктом 5.5.2.2, гласящим: «Для использования результатов натуральных исследований по оценке риска здоровью населения чувствительность метода измерения должна обеспечивать измерение химической примеси на уровне не менее 0,5 референтного уровня», для мышьяка такая чувствительность должна находиться на уровне 1,75E-06 мг/дм³. На сайте Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений найдена методика⁸, позволяющая определить мышьяк в питьевой воде до 0,0004 мг/дм³, тем не менее отличающаяся на 2 порядка от 0,5 референтного уровня, что, однако, формально не может быть причиной исключения мышьяка. Исходя из вышеизложенного, включение любых результатов исследования мышьяка в питьевой воде приведет к завышению уровня итогового риска и с высокой вероятностью недопустимому уровню риска. При этом следует отметить, что использование средних арифметических значений показателей, как того требует руководство, идет вразрез с правилами статистической обработки данных, так как в случае распределения данных, отличающегося от нормального, необходимо использовать в качестве меры центральной тенденции медиану, а не среднее арифметическое.

Закключение. В настоящей работе отмечено, что в новом руководстве отсутствуют референтные дозы некоторых веществ, которые были в отмененном. Результаты расчетов показали, что исключение этих веществ не оказало значимого влияния на итоговое значение риска здоровью населения. Существенное влияние на значения канцерогенного и неканцерогенного риска оказало исключение веществ, для которых принята условно нулевая концентрация, в связи с определением этих соединений менее чем в 5 % проб.

Поднят дискуссионный вопрос об учете результатов исследований, в которых недостаточна чувствительность метода анализа для определения концентраций веществ на уровне ниже референтных значений. Подчеркивается необходимость привлечения дополнительных информационных ресурсов, подтверждающих, что данное вещество не является специфическим и характерным для данной территории.

По данным расчета в соответствии с действующим документом угроза здоровью отсутствует,

⁶ Hydrogen sulfide (CASRN 7783-06-4) | IRIS | US EPA [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0061_summary.pdf#nameddest=rfd (дата обращения: 15.02.2024).

⁷ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 668 с.

⁸ ФР.1.31.2015.19729 «Вода питьевая, природная (поверхностная, подземная), очищенная сточная, атмосферные осадки и снежный покров. Методика измерений массовой концентрации мышьяка и селена методом атомно-эмиссионной спектрометрии».

возможно установление временных отступлений для бора и магния. В целом актуализация руководства была востребована, и разработчикам удалось привести документ в согласие с современными представлениями об угрозе здоровью при действии химического фактора на организм человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Карелин А.О., Еремин Г.Б. Проблемы и перспективы использования доказательной медицины в гигиене (систематический обзор) // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 750–754. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-750-754
- Карелин А.О., Еремин Г.Б., Май И.В., Ломтев А.Ю., Киселев А.В., Мозжухина Н.А. Использование системы управления рисками для совершенствования санитарно-эпидемиологического контроля и надзора // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. 2015. Т. 22. № 1. С. 81–85.
- Алексеева А.В., Савостикова О.Н. Применение метода порога токсикологической опасности для недоизученных в токсикологическом отношении химических веществ, образующихся в процессе транспортировки питьевой воды // Анализ риска здоровью. 2023. № 3. С. 63–75. doi: 10.21668/health.risk/2023.3.06
- Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина А.Л., Ярушин С.В. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1125–1129. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129
- Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Май И.В., Шур П.З. Развитие методологии анализа риска здоровью в задачах государственного управления санитарно-эпидемиологическим благополучием населения // Анализ риска здоровью. 2022. № 3. С. 4–20. doi: 10.21668/health.risk/2022.3.01
- Рахманян Ю.А., Додина Н.С., Алексеева А.В. Современные методические подходы к оценке риска здоровью населения от воздействия химических веществ // Анализ риска здоровью. 2023. № 4. С. 33–41. doi: 10.21668/health.risk/2023.4.03
- Богданова В.Д., Аленицкая М.В., Сахарова О.Б. Анализ референтных доз химических соединений, поступающих перорально с питьевой водой // Анализ риска здоровью. 2023. № 3. С. 49–62. doi: 10.21668/health.risk/2023.3.05
- Исаев Д.С., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Крутикова Н.Н. Оценка риска здоровью городского населения с использованием фоновых долгопериодных средних концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе // Здоровье населения и среда обитания. 2022. № 5. С. 23–31. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-5-23-31
- Baken KA, Sjerps RMA, Schriks M, van Wezel AP. Toxicological risk assessment and prioritization of drinking water relevant contaminants emerging concern. *Environ Int*. 2018;118:293-303. doi: 10.1016/j.envint.2018.05.006
- Богданова В.Д., Аленицкая 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: 10.35627/10.35627/2219-5238/2023-31-1-45-52
- Исаев Д.С., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Грибова К.А., Степанян А.А., Бузинов Р.В. Обоснование временных отступлений от нормируемых показателей качества питьевой воды // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 8. С. 868–875. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-8-868-875
- Кику П.Ф., Кислицына Л.В., Богданова В.Д., Сабирова К.М. Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски для здоровья населения Приморского края // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 1. С. 94–101. doi:10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101
- Lead in drinking-water: Health risks, monitoring and corrective actions. Technical brief. Geneva: World Health Organization; 2022. Accessed May 27, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020863>
- Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: World Health Organization; 2022. Accessed May 27, 2024. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/352532/9789240045064-eng.pdf?sequence=1>
- Water safety plan manual: Step-by-step risk management for drinking water suppliers, 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 2023. Accessed May 27, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240067691>
- Сулейманов Р.А., Бакиров А.Б., Валеев Т.К., Рахматуллин Н.Р., Бактыбаева З.Б., Даукаев Р.А., Егорова Н.Н. 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
- Канатникова Н.В., Егорова Н.А., Захарченко Г.Л. Гигиеническая оценка подземных вод для централизованного питьевого водоснабжения г. Орла // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 4. С. 32–35.
- Leurs LJ, Schouten LJ, Mons MN, Goldbohm RA, van den Brandt PA. Relationship between tap water hardness, magnesium, and calcium concentration and mortality due to ischemic heart disease or stroke in The Netherlands. *Environ Health Perspect*. 2010;118(3):414-420. doi: 10.1289/ehp.0900782
- Monarca S, Donato F, Zerbini I, Calderon RL, Craun GF. Review of epidemiological studies on drinking water hardness and cardiovascular diseases. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2006;13(4):495-506. doi: 10.1097/01.hjr.0000214608.99113.5c
- Helte E, Säve-Söderbergh M, Larsson SC, Åkesson A. Calcium and magnesium in drinking water and risk of myocardial infarction and stroke – A population-based cohort study. *Am J Clin Nutr*. 2022;116(4):1091-1100. doi: 10.1093/ajcn/nqac186
- Синицына О.О., Плитман С.И., Амплеева Г.П., Гильденскиольд О.А., Ряшенцева Т.М. Особенности нормирования в питьевой воде эссенциальных элементов // 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. 41–50.
- Синицына О.О., Плитман С.И., Амплеева Г.П., Гильденскиольд О.А., Ряшенцева Т.М. Эссенциальные элементы и их нормирование в питьевой воде // Анализ риска здоровью. 2020. № 3. С. 29–37. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.04
- Environmental Health Criteria 216. Disinfectants and disinfectant-by-products. Geneva: World Health Organization; 2000. Accessed May 27, 2024. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/42274/WHO_EHC_216.pdf?sequence=1
- Environmental Health Criteria 239. Principles for modelling dose-response for the risk assessment of chemicals. Geneva: World Health Organization,

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-5-23-32>
Original Research Article

- International Programme on Chemical Safety; 2009. Accessed May 27, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241572392>
- Solecki R, Davies L, Dellarco V, et al. Guidance on setting of acute reference dose (ARfD) for pesticides. *Food Chem Toxicol.* 2005;43(11):1569-1593. doi: 10.1016/j.fct.2005.04.005
 - Taylor AA, Tsuji JS, Garry MR, et al. Critical review of exposure and effects: Implications for setting regulatory health criteria for ingested copper. *Environ Manage.* 2020;65(1):131-159. doi: 10.1007/s00267-019-01234-y
 - Rahaman MS, Rahman MM, Mise N, et al. Environmental arsenic exposure and its contribution to human diseases, toxicity mechanism and management. *Environ Pollut.* 2021;289:117940. doi: 10.1016/j.envpol.2021.117940
 - Степанян А.А., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Шилов В.В., Исаев Д.С., Топанов И.О. Формирование химического состава природных вод подземных водоисточников, используемых для централизованного питьевого водоснабжения. Обзор литературы // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2022. Т. 17. № 1. С. 270–277.
- ### REFERENCES
- Karelin AO, Yeremin GB. Problems and prospects of using evidence-based medicine in hygiene (systematic review). *Gigiena i Sanitariya.* 2021;100(8):750-754. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-750-754
 - Karelin AO, Yeremin GB, May IV, Lomtev AYU, Kiselev AV, Mozhukhina NA. Usage of risk management system for improvement of sanitary-epidemiological control and surveillance. *Uchenye Zapiski SPbGMU im. akad. I.P. Pavlova.* 2015;22(1):81-85. (In Russ.)
 - Alekseeva AV, Savostikova ON. The threshold of toxicological concern for insufficiently explored chemicals occurring in drinking water during transportation. *Health Risk Analysis.* 2023;(3):49–61. doi: 10.21668/health.risk/2023.3.06.eng
 - Popova AYU, Gurvich VB, Kuzmin SV, Mishina AL, Yarushin SV. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i Sanitariya.* 2017;96(12):1125-1129. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129
 - Zaitseva NV, Onishchenko GG, May IV, Shur PZ. Developing the methodology for health risk assessment within public management of sanitary-epidemiological welfare of the population. *Health Risk Analysis.* 2022;(3):4–20. doi: 10.21668/health.risk/2022.3.01.eng
 - Rakhmanin YuA, Dodina NS, Alekseeva AV. Modern methodological approaches to assessing public health risks due to chemicals exposure. *Health Risk Analysis.* 2023;(4):33–41. doi: 10.21668/health.risk/2023.4.03.eng
 - Bogdanova VD, Alenitckaya MV, Sakharova OB. Analysis of reference doses of chemicals introduced with drinking water. *Health Risk Analysis.* 2023;(3):49–62. doi: 10.21668/health.risk/2023.3.05.eng
 - Isaev DS, Mozhukhina NA, Yeremin GB, Krutikova NN. Health risk assessment in towns based on background long-term concentrations of ambient air pollutants. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2022;30(5):23-31. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-5-23-31
 - Baken KA, Sjerps RMA, Schriks M, van Wezel AP. Toxicological risk assessment and prioritization of drinking water relevant contaminants emerging concern. *Environ Int.* 2018;118:293-303. doi: 10.1016/j.envint.2018.05.006
 - Bogdanova VD, Alenitskaya MV, Sahharova 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: 10.35627/2219-5238/2023-31-1-45-52
 - Isaev DS, Yeremin GB, Mozhukhina NA, Gribova XA, Stepanyan AA, Buzinov RV. Justification of temporary deviations from the standardized indicators of drinking water quality. *Gigiena i Sanitariya.* 2023;102(8):868-875. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-8-868-875
 - Kiku PF, Kislitsyna LV, Bogdanova VD, Sabirova KM. Hygienic evaluation of the quality of drinking water and risks for the health of the population of the Primorye territory. *Gigiena i Sanitariya.* 2019;98(1):94-101. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101
 - Lead in drinking-water: Health risks, monitoring and corrective actions. Technical brief. Geneva: World Health Organization; 2022. Accessed May 27, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020863>
 - Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: World Health Organization; 2022. Accessed May 27, 2024. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/352532/9789240045064-eng.pdf?sequence=1>
 - Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking water suppliers, 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 2023. Accessed May 27, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240067691>
 - 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):34-41. doi: 10.21668/health.risk/2021.2.03.eng
 - Kanatnikova NV, Egorova NA, Zakharchenko GL. Hygienic estimation of subsoil water for public drinking water supply of the city of Orel. *Gigiena i Sanitariya.* 2015;94(4):32-35. (In Russ.)
 - Leurs LJ, Schouten LJ, Mons MN, Goldbohm RA, van den Brandt PA. Relationship between tap water hardness, magnesium, and calcium concentration and mortality due to ischemic heart disease or stroke in The Netherlands. *Environ Health Perspect.* 2010;118(3):414-420. doi: 10.1289/ehp.0900782
 - Monarca S, Donato F, Zerbini I, Calderon RL, Craun GF. Review of epidemiological studies on drinking water hardness and cardiovascular diseases. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2006;13(4):495-506. doi: 10.1097/01.hjr.0000214608.99113.5c
 - Helte E, Säve-Söderbergh M, Larsson SC, Åkesson A. Calcium and magnesium in drinking water and risk of myocardial infarction and stroke – A population-based cohort study. *Am J Clin Nutr.* 2022;116(4):1091-1100. doi: 10.1093/ajcn/nqac186
 - Sinitsyna OO, Plitman SI, Ampleeva GP, Gil'denskiol'd OA, Ryashentseva TM. [Specifcs of regulating essential elements in drinking water.] In: Zaitseva NV, Popova AYU, eds. *Health Risk Analysis – 2020 with the International Meeting on Environment and Health RISE – 2020 and a Round Table on Food Safety: Proceedings of the 10th All-Russian Scientific and Practical Conference, Perm, May 13–15, 2020.* Perm: Perm National Research Polytechnic University; 2020;1:41-50. (In Russ.)
 - Sinitsyna OO, Plitman SI, Ampleeva GP, Gil'denskiol'd OA, Ryashentseva TM. Essential elements and standards for their contents in drinking water. *Health Risk Analysis.* 2020;(3):29–37. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.04.eng
 - Environmental Health Criteria 216. Disinfectants and disinfectant-by-products. Geneva: World Health Organization; 2000. Accessed May 27, 2024. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/42274/WHO_EHC_216.pdf?sequence=1
 - Environmental Health Criteria 239. Principles for modelling dose-response for the risk assessment of chemicals. Geneva: World Health Organization,

- International Programme on Chemical Safety; 2009. Accessed May 27, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241572392>
25. Solecki R, Davies L, Dellarco V, *et al.* Guidance on setting of acute reference dose (ARfD) for pesticides. *Food Chem Toxicol.* 2005;43(11):1569-1593. doi: 10.1016/j.fct.2005.04.005
26. Taylor AA, Tsuji JS, Garry MR, *et al.* Critical review of exposure and effects: Implications for setting regulatory health criteria for ingested copper. *Environ Manage.* 2020;65(1):131-159. doi: 10.1007/s00267-019-01234-y
27. Rahaman MS, Rahman MM, Mise N, *et al.* Environmental arsenic exposure and its contribution to human diseases, toxicity mechanism and management. *Environ Pollut.* 2021;289:117940. doi: 10.1016/j.envpol.2021.117940
28. Stepanyan AA, Mozzhukhina NA, Yeremin GB, Shilov VV, Isaev DS, Topanov IO. Formation of the chemical composition of natural water in underground water sources used for centralized drinking water supply literature review. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya.* 2022;17(1):270-277. (In Russ.)

Сведения об авторах:

✉ **Исаев** Даниил Сергеевич, заведующий отделением коммунальной гигиены, младший научный сотрудник ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: d.isaev@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9165-1399>.

Мозжухина Наталья Александровна, к.м.н., доцент кафедры профилактической медицины и охраны здоровья, кафедры общей и военной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: Natalya.Mozzhukhina@szgmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8051-097x>.

Степанян Алекс Артурович, младший научный сотрудник отделения коммунальной гигиены ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: a.stepanian@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8153-1131>.

Информация о вкладе авторов: разработка дизайна исследования: *Исаев Д.С., Мозжухина Н.А.*; сбор и анализ материала: *Исаев Д.С., Степанян А.А.*; написание текста статьи: *Исаев Д.С., Мозжухина Н.А.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике, так как не содержит результаты клинических исследований (испытаний) с участием людей или животных в качестве испытуемых.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 28.03.24 / Принята к публикации: 08.05.24 / Опубликовано: 31.05.24

Author information:

✉ **Daniil S. Isaev**, Head of the Department of Communal Hygiene, Junior Researcher, North-West Public Health Research Center; e-mail: d.isaev@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9165-1399>.

Natalia A. Mozzhukhina, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Preventive Medicine and Health Protection, Department of General and Military Hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: Natalya.Mozzhukhina@szgmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8051-097x>.

Alex A. Stepanyan, Junior Researcher, Department of Communal Hygiene, North-West Public Health Research Center; e-mail: a.stepanian@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8153-1131>.

Author contributions: study conception and design: *Isaev D.S., Mozzhukhina N.A.*; data collection, analysis and interpretation of results: *Isaev D.S., Stepanyan A.A.*; draft manuscript preparation: *Isaev D.S., Mozzhukhina N.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This research received no external funding.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: March 28, 2024 / Accepted: May 8, 2024 / Published: May 31, 2024