

Научная статья

УДК 628.1.033

DOI: 10.24412/2658-4255-2023-3-57-66



EDN: LRNYBC

Для цитирования:

Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Мясников И.О. [и др.] Интегральная оценка качества питьевой воды населенных пунктов Мурманской области // Российская Арктика. 2023. Т. 5. № 3. С. 57-66. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-3-57-66>

Получена: 16.08.2023
Принята: 19.09.2023
Опубликована: 10.10.2023

For citation:

Tikhonova N.A., Novikova Yu.A., Myasnikov I.O. [et al.] Integral assessment of the quality of drinking water in settlements of the Murmansk region. Russian Arctic, 2023, vol. 5, no. 3, pp. 57-66. (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2023-3-57-66>

Конфликт интересов.







Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование.

Исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы 121031300059-9, не имело спонсорской поддержки



ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.А. Тихонова^{1*} , Ю.А. Новикова¹ , И.О. Мясников¹ ,
В.Н. Федоров¹ , А.А. Сергеев² , С.В. Дмитриевская² 

¹ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург, Россия

² Управление Роспотребнадзора по Мурманской области, г. Мурманск, Россия

E-mail: *n.tihonova@s-znc.ru

Аннотация

Введение. Для своевременного принятия управленческих решений по повышению качества питьевой воды, прогнозирования и контроля уровня заболеваний, ассоциированных с водным фактором, важное значение имеет регулярная объективная оценка качества питьевой воды. Методология оценки риска здоровью населения позволяет выявить приоритетные факторы, оценить комбинированное действие химических веществ, дать оценку интенсивности их воздействия на здоровье населения.

Целью исследования являлась оценка качества питьевой воды населенных пунктов Мурманской области по показателям химической безвредности, определение приоритетных факторов риска.

Материалы и методы. В работе были использованы результаты лабораторных исследований питьевой воды, подаваемой населению Мурманской области, проведенные в 2022 году в рамках социально-гигиенического мониторинга. Оценка риска возникновения рефлекторно-ольфакторных эффектов проводилась по 14 показателям. Неканцерогенный риск оценивался по 25, канцерогенный – по 7 химическим веществам.

Результаты. По результатам проведенного исследования питьевая вода, подаваемая населению в Мурманской области, не представляет опасности с позиции канцерогенного и неканцерогенного риска для здоровья.

Заключение. Практически во всех исследованных населенных пунктах Мурманской области интегральные показатели имеют низкие значения. Тем не менее, для населенных пунктов Сафоново-1, Междуречье, Мишуково, Белое Море значения интегральных показателей значительно выше средних и медианных уровней по области, что может свидетельствовать о недостаточном или нестабильном качестве питьевой воды. Для более корректной оценки влияния питьевой воды на здоровье населения Мурманской области рекомендуется оптимизировать программы мониторинга.

Ключевые слова: интегральная оценка питьевой воды, неблагоприятные органолептические эффекты, неканцерогенный риск, канцерогенный риск, Мурманская область

INTEGRAL ASSESSMENT OF THE QUALITY OF DRINKING WATER IN SETTLEMENTS OF THE MURMANSK REGION

N.A. Tikhonova^{1*} , Yu.A. Novikova¹ , I.O. Myasnikov¹ ,
V.N. Fedorov¹ , A.A. Sergeev² , S.V. Dmitrievskaya² 

¹ North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, Russia

² Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Murmansk Region, Murmansk, Russia

E-mail: *n.tihonova@s-znc.ru

Abstract

Introduction. For the timely adoption of management decisions to improve the drinking water quality, predict and control the level of diseases associated with the water factor, regular objective assessment of the quality of drinking water is important. The methodology of public health risk assessment makes it possible to identify priority factors, evaluate the combined effect of chemicals, and assess the intensity of the impact on public health.

The purpose of the study was to assess the drinking water quality in the settlements of the Murmansk region in terms of chemical safety, to determine priority risk factors.

Materials and methods. The work used the results of laboratory studies of drinking water supplied to the population of the Murmansk region, conducted in 2022 as part of social and hygienic monitoring. The risk of organoleptic effects was assessed using 14 indicators. Non-carcinogenic risk was assessed for 25, carcinogenic - for 7 chemicals.

Results. According to the results of the study, drinking water supplied to the population in the Murmansk region does not pose a danger from the standpoint of carcinogenic and non-carcinogenic health risks.

Conclusion. In almost all the studied settlements of the Murmansk region, the integral indicators have low values. However, for the settlements of Safonovo-1, Mezhdurechye, Mishukovo, Beloe More, the values of integral indicators are significantly higher than the average and median levels for the region, which may indicate insufficient or unstable drinking water quality. For a more correct assessment of the impact of drinking water on the health of the population of the Murmansk region, it is recommended to optimize monitoring programs.

Keywords: integral assessment of drinking water, unfavorable organoleptic effects, non-carcinogenic risk, carcinogenic risk, Murmansk region

Введение

Следствием улучшения качества и безопасности питьевой воды в Российской Федерации, в том числе в результате реализации федерального проекта «Чистая вода», стала стабилизация дополнительных случаев смерти и заболеваний, ассоциированных с ее качеством, в ряде регионов и существенное снижение [1].

Для своевременного принятия управленческих решений по повышению качества питьевой воды, прогнозирования и контроля уровня заболеваний, ассоциированных с водным фактором, важное значение имеет регулярная объективная оценка качества питьевой воды [2, 3]. На сегодняшний день одним из удовлетворяющих перечисленным критериям методов является методология оценки риска здоровью населения, которая позволяет выявить приоритетные показатели, оценить комбинированное действие химических веществ, дать оценку интенсивности их воздействия на здоровье населения [4-7], в том числе интегральная оценка качества питьевой воды по показателям химической безвредности. Методика включает в себя определение уровней канцерогенного и неканцерогенного риска, вероятности возникновения рефлекторно-ольфакторных эффектов и расчет интегрального показателя^{1,2}. Данный подход нашел применение для оценки влияния питьевой воды на здоровье населения отдельных населенных пунктов или систем водоснабжения [8-13]. В то же время интегральная оценка практически не применяется для оценки качества воды в разрезе субъекта с детализацией на уровне населенных пунктов, несмотря на потенциал ее применения для этих целей.

Запланированная федеральным проектом «Чистая вода» на 2022 год доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой, на территории Мурманской

1 Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200037399> (дата обращения: 06.08.2023).

2 МР 2.1.4.0032-11 «Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200094121> (дата обращения: 06.08.2023)

области в 2022 году не достигнута [1].

В Мурманской области эксплуатируются 70 источников централизованного водоснабжения (55 поверхностных и 15 подземных).

Деятельность промышленных предприятий области, сброс хозяйственно-бытовых сточных вод приводит к повышенному содержанию в воде водных объектов, в том числе являющихся источниками питьевого водоснабжения, загрязняющих веществ.

В 2022 г. качество питьевой воды распределительной сети в сравнении с 2020 годом ухудшилось как по санитарно-химическим, так и по микробиологическим показателям. В среднем по Мурманской области доля проб питьевой воды, превышающих гигиенические нормативы по санитарно-химическим показателям, составила 11,6%³. По данным исследований в 2021 и 2022 годах в питьевой воде регистрировались превышения нормативов по следующим показателям: алюминий, железо, никель, хлороформ^{4,5}.

Целью исследования являлась оценка качества питьевой воды населенных пунктов Мурманской области по показателям химической безвредности, определение приоритетных факторов риска.

Материалы и методы

В работе были использованы результаты лабораторных исследований подаваемой населению Мурманской области питьевой воды, проведенных в 2022 году в рамках социально-гигиенического мониторинга⁶. Проводилась статистическая обработка результатов лабораторных исследований: рассчитаны средние значения, среднеквадратичные отклонения, максимальные показатели 98%-й вероятностной обеспеченности, среднемноголетние концентрации 95%-й вероятностной обеспеченности, значения канцерогенного, неканцерогенного риска, риска рефлекторно-ольфакторных эффектов, интегральных показателей в соответствии с Р 2.1.10.1920-04¹ и МР 2.1.4.0032-11².

Результаты

Интегральная оценка питьевой воды включает расчеты показателей риска рефлекторно-ольфакторных эффектов, канцерогенного и неканцерогенного риска, интегрального показателя качества питьевой воды и анализ неопределенностей.

Для выполнения оценки риска для здоровья населения Мурманской области, интегральной оценки качества питьевой воды из всех исследованных показателей были выбраны наиболее значимые с медико-гигиенических позиций, учитывалось влияние на здоровье населения и лимитирующие показатели вредности (таблица 1).

Таблица 1.

Показатели, выбранные для проведения интегральной оценки питьевой воды населенных пунктов Мурманской области

Наименование показателя, химического вещества	Вид риска		
	канцерогенный	неканцерогенный	рефлекторно-ольфакторные эффекты
Мутность			+
Цветность			+
Железо (Fe, суммарно)		+	+
Алюминий (Al, суммарно)		+	+

3 О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения Мурманской области в 2022 году: Государственный доклад. Под ред. главного государственного санитарного врача по Мурманской области Сергеева А.А. 2023. 226 с. URL: <https://51.rospotrebнадзор.ru/content/866/67906/> (дата обращения: 06.08.2023).

4 О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области в 2021 году: материалы для гос. доклада. Под ред. Главного государственного санитарного врача по Мурманской области Сергеева А.А. Мурманск: Управление Роспотребнадзора по Мурманской области, 2022. 212 с. URL: <https://51.rospotrebнадзор.ru/content/866/62074/> (дата обращения: 06.08.2023).

5 Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022621829 Российская Федерация. Качество питьевой воды централизованных систем водоснабжения городских поселений Арктической зоны Российской Федерации : № 2022621701 : заявл. 13.07.2022 : опубл. 25.07.2022 / Ю. А. Новикова, Н. А. Тихонова, В. Н. Федоров [и др.] ; заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

6 Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022622066 Российская Федерация. Результаты исследований питьевой воды централизованных систем водоснабжения Мурманской области для комплексного анализа и оценки риска здоровью населения : № 2022621824 : заявл. 22.07.2022 : опубл. 17.08.2022 / Ю. А. Новикова, Н. А. Тихонова, В. Н. Федоров [и др.] ; заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья».

Наименование показателя, химического вещества	Вид риска		
	канцерогенный	неканцерогенный	рефлекторно- ольфакторные эффекты
Аммиак /аммоний-ион (NH ₃ /NH ₄ ⁺)		+	+
Барий (Ba, суммарно)		+	
Бензол	+	+	
Бор (B, суммарно)		+	
Бромдихлорметан (дихлорбромметан)	+	+	
Водородный показатель (pH)			+
Гидроксibenзол (фенол)		+	+
Дибромхлорметан (хлордибромметан)	+	+	
Диметилбензол (смесь изомеров) (кси- лол) (метилтолуол)		+	+
Кадмий (Cd, суммарно)	+	+	
Марганец (Mn, суммарно)		+	+
Медь (Cu, суммарно)		+	
Нефтепродукты (суммарно)		+	
Никель (Ni, суммарно)		+	
Нитраты (NO ₃ ⁻)		+	
Нитриты (NO ₂ ⁻)		+	
Свинец (Pb, суммарно)	+	+	
Сульфаты /SO ₄ /			+
Тетрахлорметан (четырёххлористый углерод; хладон 10 фреон 10)	+	+	
Толуол		+	+
Формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид, метаналь)		+	
Фториды (F ⁻)		+	
Хлор остаточный свободный			+
Хлор остаточный связанный			+
Хлориды (Cl ⁻)			+
Хлороформ (трихлорметан; фреон 20; хладон 20)	+	+	
Цинк (Zn, суммарно)		+	
Этилбензол		+	

Расчет риска рефлекторно-ольфакторных эффектов проводился по 14 показателям: от 2 в питьевой воде г. Кола, пгт Кильдинстрой, нп Зверосовхоз до 11 – в питьевой воде г. Мурманск. Как представлено на рис. 1, минимальное значение риска рефлекторно-ольфакторных эффектов составило 0,005 (нп Мокрая Кица, ж/д ст Кица), максимальное – 099 (нп Сафоново-1). Среднее значение рефлекторно-ольфакторных эффектов составило 0,29, медианное – 0,26.

Неканцерогенный риск оценивался по 22 показателям в г. Мурманск, 15 – пгт Мурмаши, 1 показателю (железо) – в 4 населенных пунктах: пгт Кильдинстрой, нп Зверосовхоз, г. Кола, пгт Сафоново. Как представлено на рис. 2, минимальное значение неканцерогенного риска составило 0,0007 (г. Кола), максимальное – 0,014 в г. Заполярный. Среднее значение неканцерогенного риска составило 0,004, медианное – 0,0034.

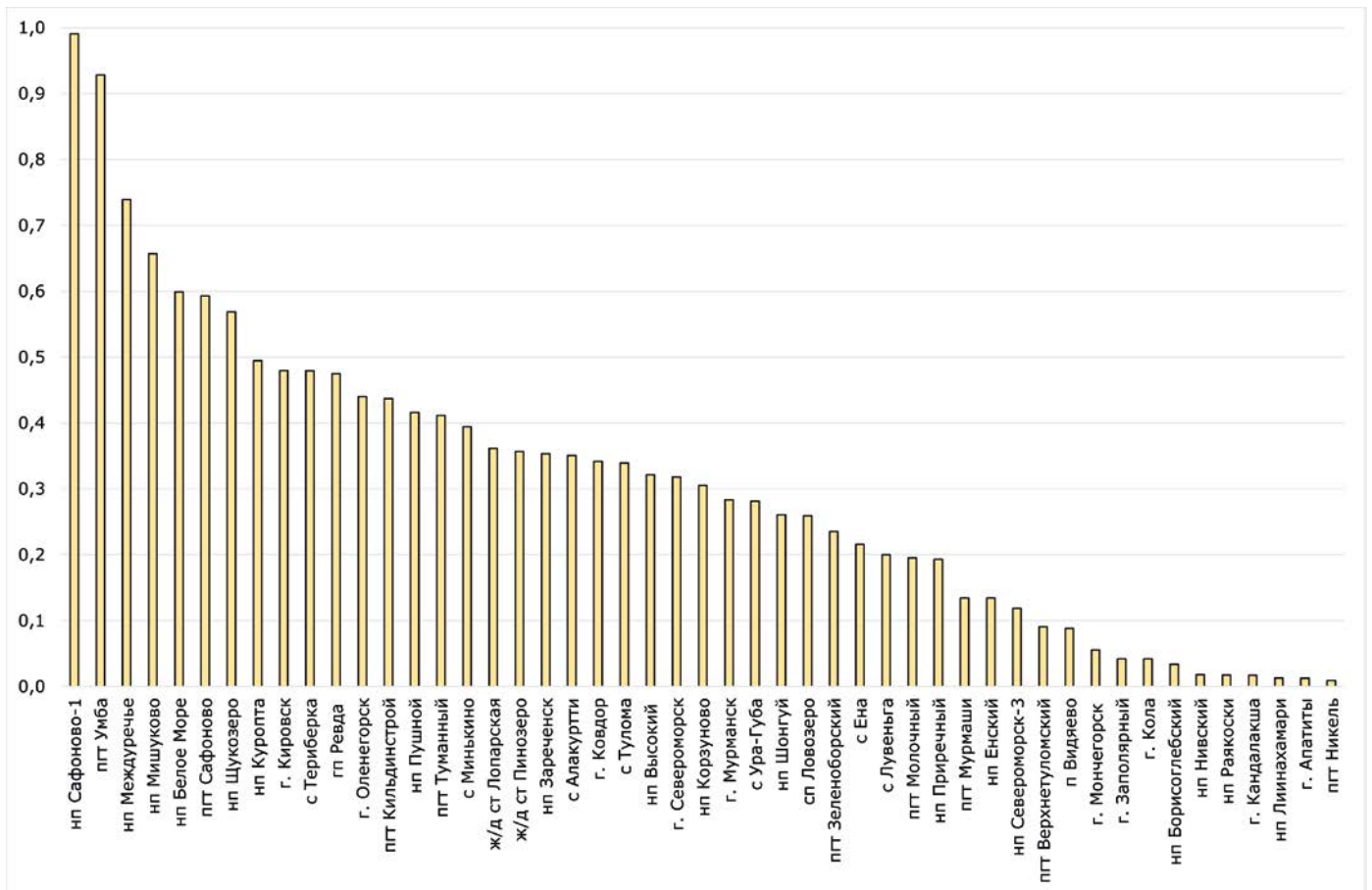


Рисунок 1. Значения риска рефлекторно-ольфакторных эффектов от употребления питьевой воды в населенных пунктах Мурманской области

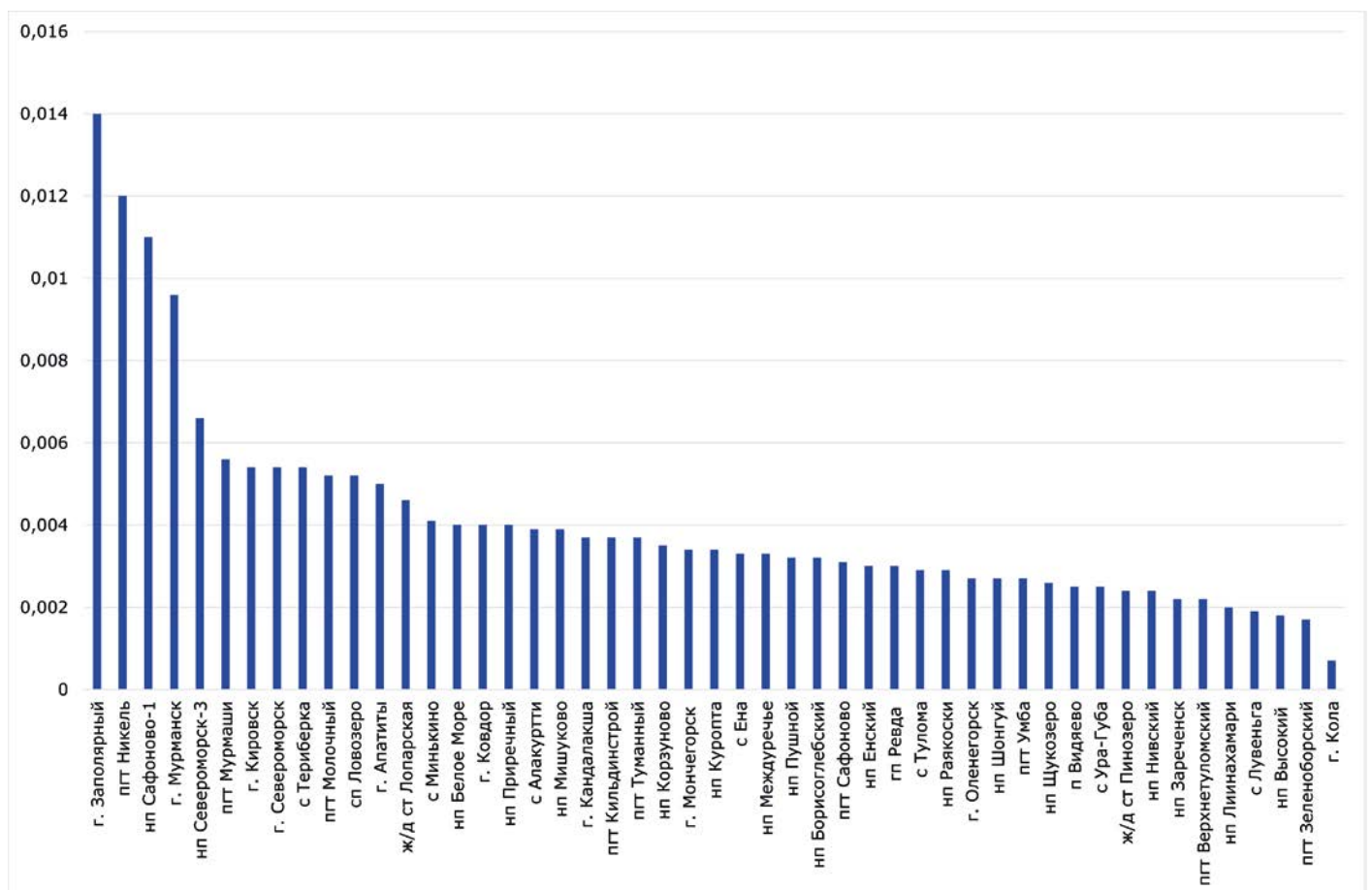


Рисунок 2. Значения неканцерогенного риска от употребления питьевой воды в населенных пунктах Мурманской области

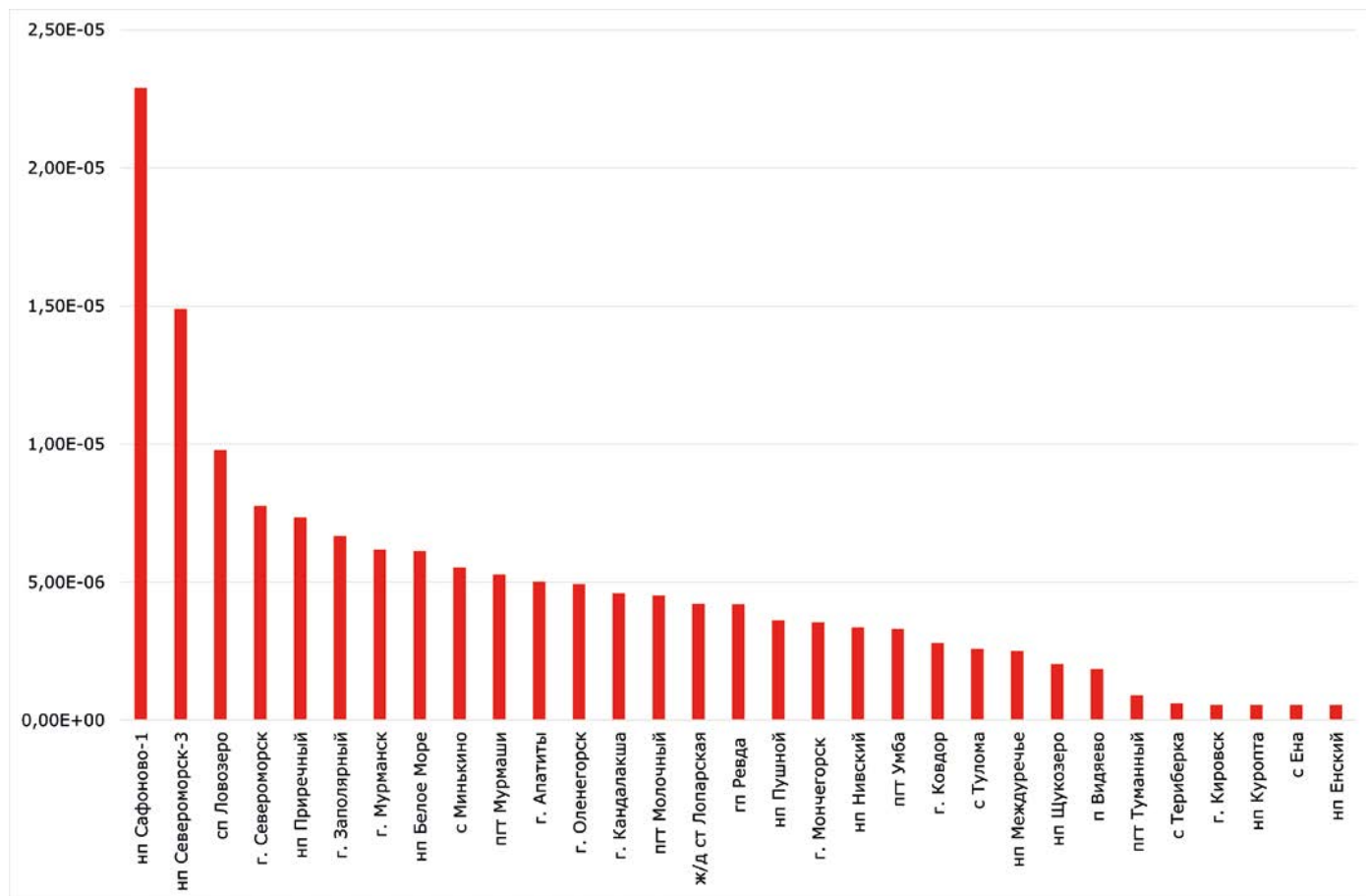


Рисунок 3. Значения канцерогенного риска от употребления питьевой воды в населенных пунктах Мурманской области

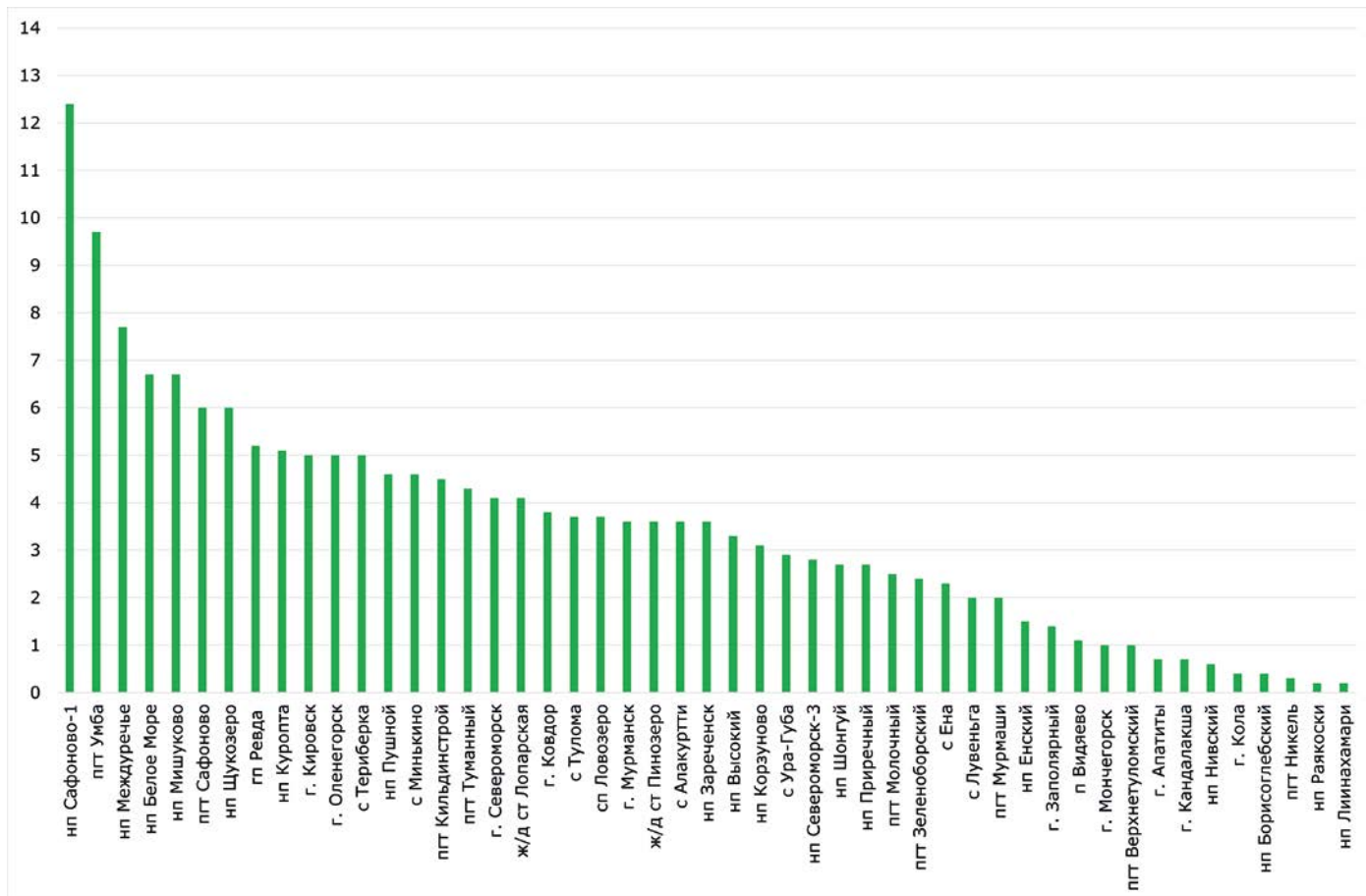


Рисунок 4. Интегральные показатели качества питьевой воды в населенных пунктах Мурманской области

Канцерогенный риск оценивался по 7 показателям в г. Мурманск, 5 – гг. Апатиты, Ковдор, пгт Мурмаши, 1 показателю (свинец) – в 5 населенных пунктах: нп Енский, г. Кировск, с. Ена, нп Куропта, нп Лейпи. Расчетные значения канцерогенного риска варьируют от минимальных уровней $5,52E-07$ в 4 населенных пунктах (г. Кировск, нп Кропта, с. Ена, пн Енский) до максимальных $2,29E-05$ в нп Сафоново-1 (рис. 3). Среднее значение канцерогенного риска составило $4,82E-06$, медианное – $4,20E-06$.

Как показано на рис. 4, значения интегрального показателя, характеризующего качество питьевой воды по совокупности показателей, варьируются от наиболее благополучного значения 0,17 (нп Лиинахамари) до наименее благополучного значения 12,4 (нп Сафоново-1). Среднее значение интегрального показателя составило 3,5, медианное – 3,6.

Обсуждение

В 40 населенных пунктах значения риска рефлекторно-ольфакторных эффектов от употребления питьевой воды области превышали приемлемое значение (0,1), в основном за счет цветности, содержания железа и марганца.

Анализ результатов оценки неканцерогенного риска от употребления питьевой воды показал отсутствие во всех населенных пунктах превышения допустимого уровня (1,0), что косвенно свидетельствует о химической безвредности подаваемой населению Мурманской области питьевой воды.

Полученные значения канцерогенного риска здоровью населения в г. Кировск, пгт Туманный, нп Куропта, Енский, с. Териберка, с. Ена относятся к 1 диапазону риска (ниже $1,0E-06$), который характеризуется как приемлемый, не требующий проведения мероприятий по его снижению. В 25 населенных пунктах значения канцерогенного риска относятся ко 2 диапазону риска, который характеризуется как приемлемый для населения, но требующий контроля. В то же время полученные величины канцерогенного риска нельзя считать в полной мере безопасными, поскольку перечень контролируемых в питьевой воде канцерогенных веществ может быть неполным, что, в свою очередь, приводит к недооценке риска. Всемирная организация здравоохранения в качестве приемлемого уровня канцерогенного риска рекомендует рассматривать величину не более $1,0E-05$ [14], превышение которой зарегистрировано в питьевой воде населенных пунктов Сафоново-1 и Североморск-3.

На основе расчетных значений канцерогенного риска и данных о численности постоянно проживающего населения для каждого населенного пункта было рассчитано ожидаемое число дополнительных случаев заболеваний злокачественными новообразованиями за весь период жизни (таблица 2).

Таблица 2.

Ожидаемое число дополнительных случаев заболеваний злокачественными новообразованиями, обусловленных поступлением канцерогенных веществ с питьевой водой

Населенный пункт	Ожидаемое число дополнительных случаев заболеваний
г. Мурманск	1,74
г. Североморск	0,43
г. Апатиты	0,26
г. Мончегорск	0,14
г. Кандалакша	0,13
г. Оленегорск	0,10
гп Ревда	0,08
нп Сафоново-1	0,07
нп Североморск-3	0,04
пгт Молочный	0,02
сп Ловозеро	0,02
г. Кировск	0,01
пгт Мурмаши	0,01
п. Видяево	0,01
г. Ковдор	0,01

Медианное значение ожидаемого числа случаев заболеваний злокачественными новообразованиями составляет 0,07 дополнительных случаев. Максимальное значение составило 1,74 дополнительных случаев заболеваний злокачественными новообразованиями (г. Мурманск), что обусловлено большой численностью населения

областного центра. Тем не менее, применительно к рассматриваемой ситуации полученные значения следует характеризовать как пренебрежимо малые величины, сопоставимые с естественным фоновым уровнем.

Практически во всех исследованных населенных пунктах Мурманской области интегральные показатели качества питьевой воды имеют низкие значения. Тем не менее, для населенных пунктов Сафоново-1, Междуречье, Мишуково, Белое Море значения интегральных показателей значительно выше средних и медианных уровней по области, что может свидетельствовать о недостаточном или нестабильном качестве питьевой воды за изученный период.

Наибольший вклад в значение интегрального показателя качества питьевой воды вносит риск возникновения рефлекторно-ольфакторных эффектов: в 41 населенном пункте он составил более 70,0% (рисунок 5).

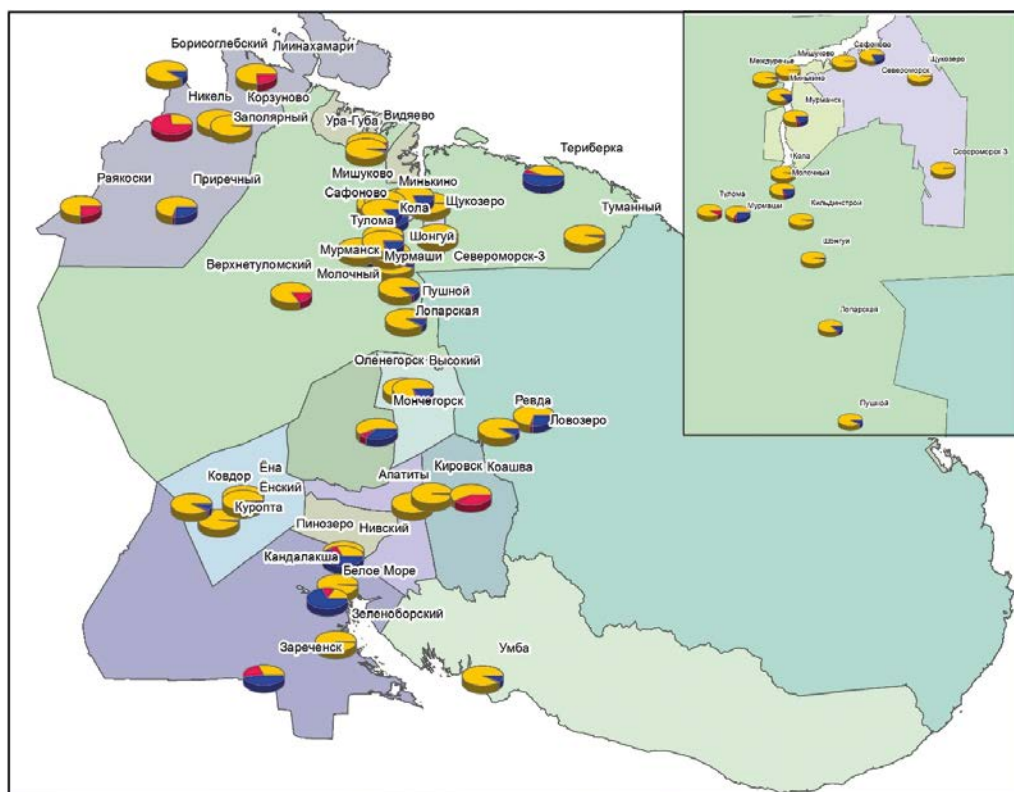


Рисунок 5. Структура интегрального показателя качества питьевой воды в населенных пунктах Мурманской области

В городах Апатиты и Кандалакша более 65% в значении интегрального показателя составляет канцерогенный риск, в пгт Никель – неканцерогенный риск.

Ограничения данного исследования заключались в том, что:

1. Перечень показателей качества питьевой воды, контролируемых в разных населенных пунктах, отличается, что влияет как на величины отдельных видов риска, так и на итоговое значение интегрального показателя.

2. В воде 13 населенных пунктов не проводится мониторинг содержания канцерогенных веществ, что вносит неопределенность в общую оценку канцерогенного риска. Кроме того, перечень канцерогенно-опасных загрязнителей, контролируемых в питьевой воде населенных пунктов, также различается.

3. Применявшаяся в исследовании модель расчета интегрального показателя и отдельных видов риска не учитывает дополнительную обработку питьевой воды потребителями (бытовые фильтры, отстаивание), что может привести к завышенным уровням прогнозируемого риска.

Тем не менее, по мнению авторов, перечисленные неопределенности не вносят существенной погрешности в результат оценки.

Выводы

Питьевая вода, подаваемая населению в Мурманской области, не представляет опасности с позиции канцерогенного и неканцерогенного риска для здоровья.

Величина интегрального показателя может коррелироваться с выполнением необходимых мероприятий по водоподготовке и вероятными последствиями для здоровья населения в случае их непроведения. Последствия для здоровья могут выражаться в числе дополнительных случаев заболеваний от воздействия химических веществ [15].

Для более корректной оценки влияния питьевой воды на здоровье населения Мурманской области рекомендуется оптимизировать программы мониторинга.

Список литературы:

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 368 с.
2. Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Мясников И.О. [и др.] Анализ состояния здоровья населения во взаимосвязи с качеством питьевой воды в Мурманской области // Российская Арктика. 2022. № 4(19). С. 5-16. DOI 10.24412/2658_4255_2022_4_05_16.
3. Богданова В.Д., Кику П.Ф., Кислицына Л.В. Гигиеническая оценка питьевой воды из подземных источников централизованных систем водоснабжения острова Русский // Анализ риска здоровью. 2020. № 2. С. 28-37. DOI 10.21668/health.risk/2020.2.03.
4. Хасанова А.А., Четверкина К.В., Маркович Н.И. Определение приоритетных химических веществ для контроля безопасности воды централизованных сетей водоснабжения // Гигиена и санитария. 2021. 100(5). С. 428–435. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-428-435>.
5. 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. 96(12). С. 1125–1129. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129>.
6. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Авалиани С.Л., Сеницына О.О., Шашина Т.А. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути её совершенствования // Анализ риска здоровью. 2015. 2. С. 4–11. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2015.2.01>.
7. Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Диконская О.В., Малых О.Л., Ярушин С.В. Методология оценки и управления риском для здоровья населения в системе законодательного регулирования санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Медицина труда и промышленная экология. 2016. 1. С. 4–8.
8. Мельцер А. В., Ерастова Н. В., Хурцилава О. Г. [и др.] Этапы создания системы здоровьесберегающих технологий водоподготовки в Санкт-Петербурге (к 155-летию ГУП "Водоканал Санкт-Петербурга") // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. 2014. № 3(252). С. 4-7.
9. Коршунова А. Ю., Михайличенко К. Ю. Оценка риска для здоровья населения при потреблении питьевой воды централизованных систем водоснабжения // Национальная Ассоциация Ученых. 2016. № 4-1(20). С. 97-99.
10. Сидоренкова Л. М., Майорова Е. Г., Барсуков В. А., Авчинников А. В. Интегральная оценка качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения Смоленской области // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2017. Т. 16. № 1. С. 165-172.
11. Вождаева М. Ю., Холова А. Р., Вагнер Е. В. [и др.] Изменение показателей химической безвредности питьевой воды Уфы при её транспортировке потребителям // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 4. С. 396-405. DOI 10.47470/0016-9900-2021-100-4-396-405.
12. Фридман К. Б., Новикова Ю. А., Белкин А. С. Оценка риска для здоровья в целях гигиенической характеристики систем водоснабжения // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 7. С. 686-689. DOI 10.18821/0016-9900-2017-96-7-686-689.
13. Лапшин А.П., Ванькова А.Н. Интегральная оценка качества питьевой воды // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 т. / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. 2020. Т. 1. С. 129-136.
14. Всемирная организация здравоохранения. Руководство по обеспечению качества питьевой воды, 4-е изд. 2017. Всемирная организация здравоохранения. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/255762>. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
15. Новикова Ю. А., Тихонова Н. А., Ракова В. В. Алгоритм интегральной оценки качества питьевой воды // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XXVI Международной научно-практической конференции. В 3-х частях, Санкт-Петербург, 13–14 октября 2022 года. Часть 2. Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2023. С. 190-195. DOI 10.18720/SPBPU/2/id23-97.

References:

1. On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2022. State report. M.: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2023, 368 p. (in Russian).
2. Kovshov A.A., Novikova Yu.A., Myasnikov I.O. [et al.] Analysis of the health status of the population in relation to the quality of drinking water in the Murmansk region. *Rossiyskaya Arktika*, 2022, no. 4(19), pp. 5-16. DOI 10.24412/2658_4255_2022_4_05_16 (in Russian).
3. Bogdanova V. D., Kiku P. F., Kislitsyna L. V. Hygienic assessment of drinking water from underground sources of centralized water supply systems of Russky Island. *Health risk analysis*, 2020, no. 2, pp. 28-37. DOI 10.21668/health.risk/2020.2.03 (in Russian).
4. Khasanova A.A., Chetverkina K.V., Markovich N.I. Determination of priority chemicals of water from centralized supply systems for monitoring water safety. *Gigiena i sanitariya*, 2021, 100(5), pp. 428-435. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-428-435> (in Russian).
5. Popova A.Yu., Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Mishina A.L., Yarushin S.V. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i sanitariya*, 2017, 96(12), pp. 1125-1129. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129> (in Russian).
6. Rakhmanin Y.A., Novikov S.M., Avaliani S.L., Sinitsyna O.O., Shashina T.A. Actual problems of environmental factors risk assessment on human health and ways to improve it. *Health Risk Analysis*, 2015, 2, pp. 4-9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2015.2.01.eng>.
7. Kuz'min S.V., Gurvitch V.B., Dikonskaya O.V., Malykh O.L., Yarushin S.V. Methodology of assessing and evaluating public health risk in legal regulation of sanitary epidemiologic wellbeing of population. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2016, no.1, pp. 4-8 (in Russian).
8. Meltser A. V., Erastova N. V., Khurtsilava O. G. [et al.] Stages of creating a system of health-saving water treatment technologies in St. Petersburg (to the 155th anniversary of the State Unitary Enterprise "Vodokanal of St. Petersburg"). *Public Health and Habitat: ZNiSO*, 2014, no. 3 (252), pp. 4-7 (in Russian).
9. Korshunova, A. Yu., Mikhailichenko K. Yu. Integrated risk assessment of drinking water of water supply systems for population. *National Association of Scientists*, 2016, no. 4-1 (20), pp. 97-99 (in Russian).
10. Sidorenkova L. M., Mayorova E. G., Barsukov V. A., Avchinnikov A. V. Integral assessment of the quality of drinking water of centralized water supply systems of the Smolensk region // *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*, 2017, vol. 16, no. 1., pp. 165-172 (in Russian).
11. Vozhdaeva M. Yu., Kholova A. R., Vagner E. V. [et al.] Changes in indicators of chemical safety of Ufa drinking water during its transportation to consumers. *Hygiene and Sanitation*. 2021, vol. 100, no. 4, pp. 396-405. DOI 10.47470/0016-9900-2021-100-4-396-405 (in Russian).
12. Fridman K. B., Novikova Yu. A., Belkin A. S. Health risk assessment for the purpose of hygienic characteristics of water supply systems, 2017, vol. 96, no. 7, pp. 686-689. DOI 10.18821/0016-9900-2017-96-7-686-689 (in Russian).
13. Lapshin A.P., Vankova A.N. Integral assessment of drinking water quality. *Health risk analysis - 2020 in conjunction with the international meeting on environment and health Rise-2020 and a round table on food safety: materials of the X All-Russian scientific and practical conference with international participation: in 2 volumes*, ed. prof. A.Yu. Popova, acad. RAS N.V. Zaitseva. Perm: Publishing House of Perm. nat. research polytechnic university, 2020, vol. 1, pp. 129-136 (in Russian).
14. World Health Organization. *Guidelines for drinking-water quality*, 4th ed. World Health Organization, 2011. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44584>.
15. Novikova Yu. A., Tikhonova N. A., Rakova V. V. Algorithm for the integral assessment of the quality of drinking water. *System analysis in design and management: Collection of scientific papers of the XXVI International Scientific and Practical Conference*. In 3 parts, St. Petersburg, October 13-14, 2022. Part 2. St. Petersburg: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University", 2023, pp. 190-195. DOI 10.18720/SPBPU/2/id23-97 (in Russian).