Научная статья

УДК 628.1.033

DOI: 10.24412/2658-4255-2025-3-17-25

EDN: RMXHGG

Для цитирования:
Новикова Ю.А., Склизкова Н.А., Федоров В.Н., Мясников И.О. Применение интегрального подхода к оценке качества питьевой воды // Российская Арктика. 2025. Т. 7. № 3. С. 17-25.
https://doi.org/10.24412/2658-4255-2025-3-17-25

Получена: 30.07.2025
Принята: 15.09.2025
Опубликована: 10.10.2025

For citation:
Novikova YuA., Sklizkova NA, Fedorov VN, Myasnikov IO. Application of an integrated approach to assessing the quality of drinking water. *Russian Arctic*. 2025;7(3):17-25. (In Russ.).
https://doi.org/10.24412/2658-4255-2025-3-17-25

Конфликт интересов.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование.
Исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы № 124032000007-7, не имело спонсорской поддержки

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Ю.А. Новикова*, Н.А. Склизкова, В.Н. Федоров, И.О. Мясников

Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: *j.novikova@s-znc.ru

Аннотация

Новая стратегии развития Арктики до 2035 года закрепляет национальные интересы России в Арктике, в том числе обеспечение высокого уровня жизни и благосостояния граждан России, живущих в Арктической зоне Российской Федерации. Ямало-Ненецкий автономный округ представляет собой регион с уникальным запасом природных ресурсов и активно развивающейся промышленностью. Водные объекты, используемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения округа, часто располагаются над залеганиями нефти и газа, что может оказывать влияние на загрязнение вод нефтепродуктами, фенолами и другими токсичными веществами. Для своевременного принятия управленческих решений необходимо использование методологии оценки риска здоровью населения, в том числе расчет интегральных показателей качества питьевой воды по показателям химической безвредности.Мониторинг качества питьевой воды в Ямало-Ненецком автономном округе в 2024 году осуществлялся в 14 населенных пунктах. На основе сформированной базы результатов лабораторных исследований и испытаний качества питьевой воды были рассчитаны показатели риска здоровью. Значения интегрального показателя качества (ИП) питьевой воды населенных пунктов Ямало-Ненецкого автономного округа варьируются от 0,09 до 21,0. Значения риска ($Risk_{ор}$) превышают приемлемые уровни в питьевой воде в городах Лабытнанги, Надым, Новый Уренгой, Салехард, Тарко-Сале, поселке Тазовский, селе Яр-Сале. Значения хронического $Risk_{неканц}$ не превышают приемлемый уровень. Значения $Risk_{канц}$ во всех населенных пунктах (за исключением пгт. Харп и с. Харсаим) превышают приемлемые для населения уровни.

Ключевые слова: условия проживания, интегральная оценка питьевой воды, неблагоприятные органолептические эффекты, неканцерогенный риск, канцерогенный риск, Ямало-Ненецкий автономный округ

APPLICATION OF AN INTEGRATED APPROACH TO ASSESSING THE QUALITY OF DRINKING WATER

Yu.A. Novikova*, N.A. Sklizkova, V.N. Fedorov
I.O. Myasnikov

Northwest Public Health Research Center, Saint Petersburg, Russia

E-mail: *j.novikova@s-znc.ru

Abstract

The new Arctic development strategy until 2035 secures Russia's interests in the Arctic, including ensuring a high standard of living and well-being for Russian citizens living in the Arctic zone of the Russian Federation. The Yamalo-Nenets Autonomous Okrug is a region with a high reserve of resources and an actively developing industry. Water bodies used for domestic and drinking water supply of the district's population are often used by the United States over oil and gas deposits, which can contribute to water pollution with oil products, phenols and other restricted substances. In order to make timely management decisions, it is necessary to use methods for assessing the risk to public health, including the calculation of integral indicators of drinking water quality based on chemical safety indicators. Monitoring of drinking water quality in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug in 2024 was carried out in 14 settlements. Based on the formed database of laboratory research results and drinking water quality indicators, health risk indicators were calculated. The values of the integral indicator of drinking water quality in the settlements of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug vary from 0.09 to 21.0. Risk values exceed permissible levels in the cities of Labytnangi, Nadym, Novy Urengoy, Salekhard, Tarko-Sale, the settlement of Tazovsky, and the village of Yar-Sale. Chronic risk values do not exceed the permissible level. Risk values in all settlements (except for the urban-type settlement of Kharp and the village of Kharsaim) exceed the levels permissible for the population.

Keywords: living conditions, integrated assessment of drinking water, unfavorable organoleptic effects, non-carcinogenic risk, carcinogenic risk, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug

Введение

Для своевременного принятия управленческих решений по повышению качества питьевой воды, прогнозирования и контроля уровня заболеваемости населения болезнями, ассоциированными с воздействием водного фактора, важное значение имеет регулярная объективная оценка качества питьевой воды [1, 2] с использованием методологии оценки риска здоровью населения, в том числе расчет интегральных показателей качества питьевой воды по показателям химической безвредности и эпидемиологической безопасности.

Интегральная оценка качества питьевой воды по химическим показателям проводится на основе показателей вероятности возникновения неблагоприятных органолептических эффектов ($Risk_{ор}$), канцерогенного ($Risk_{канц}$) и неканцерогенного рисков ($Risk_{неканц}$), интегрального показателя качества питьевой воды, рассчитанного по показателям химической безвредности (ИП) [3, 4]. В последние годы интегральная оценка была проведена для отдельных населенных пунктов и систем водоснабжения Смоленской [5], Ленинградской [6] и Омской областей [7], г. Уфа [8].

Новая стратегии развития Арктики до 2035 года закрепляет национальные интересы России в Арктике, в том числе обеспечение высокого уровня жизни и благосостояния граждан России, живущих в Арктической зоне Российской Федерации [9].

Ямало-Ненецкий автономный округ, расположенный в Арктической зоне Российской Федерации, представляет собой регион с уникальным запасом природных ресурсов и активно развивающейся промышленностью. В условиях изменения климата, активного развития отраслей добычи и переработки полезных ископаемых, транспорта вопросы здоровья населения становятся особенно актуальными [10, 11].

Одним из приоритетных факторов, влияющих на здоровье жителей региона, является качество питьевой воды – основы для поддержания оптимальных условий жизни и санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Риски, связанные с природными и антропогенными факторами, определяют качество питьевой воды. Промышленные и хозяйственно-бытовые сроки приводят к попаданию загрязняющих веществ в воду водных объектов, в том числе являющихся источниками питьевого водоснабжения [12]. В Ямало-Ненецком автономном округе водные объекты, используемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения, часто располагаются над залеганиями нефти и газа. В связи с этим, в населенных пунктах автономного округа с развитой добычей углеводородного сырья возможно загрязнение подземных вод нефтепродуктами, фенолами и другими токсичными веществами [11].

Цель исследования – по показателям химического загрязнения провести интегральную оценку качества питьевой воды населенных пунктов Ямало-Ненецкого автономного округа.

Материалы и методы

Для проведения оценки качества питьевой воды населенных пунктов Ямало-Ненецкого автономного округа использованы результаты лабораторных исследований и испытаний, выполненных ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ямало-Ненецком автономном округе» в 2024 году в рамках социально-гигиенического мониторинга. При статистической обработке с использованием программы Microsoft Excel 2016 для каждого исследуемого органолептического и обобщенного показателя, неорганического и органического химического вещества рассчитывались средние концентрации, максимальные показатели 98%-й вероятностной обеспеченности, среднегодовые концентрации по верхней границе 95%-й доверительного интервала. Значения $Risk_{канц}$, $Risk_{неканц}$, $Risk_{ор}$, ИП рассчитаны в соответствии с Р 2.1.10.1920-04[1] и МР 2.1.4.0032-11[2]. При оценке экспозиции в настоящем исследовании рассматривался сценарий перорального поступления веществ в организм человека при употреблении воды для питья и приготовления пищи.

В 2024 году на территории Ямало-Ненецкого автономного округа эксплуатировалось 23 поверхностных источника хозяйственно-питьевого водоснабжения и 41 подземный источник водоснабжения [13]. Мониторинг качества питьевой воды осуществлялся в 14 населенных пунктах: города Губкинский, Лабытнанги, Муравленко, Надым, Новый Уренгой, Ноябрьск, Салехард, Тарко-Сале, поселке Тазовский, поселке городского типа Харп, селах Аксарка, Белоярск, Харсаим и Яр-Сале.

Результаты

На основе сформированной базы результатов лабораторных исследований и испытаний качества питьевой воды [14] для расчетов значений риска с учетом влияния на здоровье населения и лимитирующих показателей вредности были выбраны 32 показателя. Вероятность возникновения неблагоприятных органолептических эффектов $Risk_{ор}$ рассчитана на основе результатов лабораторных исследований и испытаний 14 показателей, $Risk_{неканц}$ – 25 показателей, $Risk_{канц}$ – 5 показателей (табл. 1).

Таблица 1

Количество показателей, используемых для расчетов ИП, $Risk_{ор}$, $Risk_{неканц}$, $Risk_{канц}$ в настоящем исследовании

Тип показателей	ИП	$Risk_{ор}$	$Risk_{неканц}$	$Risk_{канц}$
Органолептические	3	3	-	-
Обобщенные	3	3	1	-
Неорганические	24	7	22	4
Органические	2	1	2	1
Всего:	32	14	25	5

Как следует из проведенного анализа, в пгт. Харп в рамках социально-гигиенического мониторинга не проводились лабораторные исследования и испытания химических веществ, обладающих канцерогенным действием.

Значения ИП качества питьевой воды, подаваемой населению Ямало-Ненецкого автономного округа (табл. 2, рис. 1) варьируются от 0,09 (пгт Харп) до 21,0 (п. Тазовский).

Таблица 2

Интегральные показатели, значения $Risk_{неканц}$ и $Risk_{канц}$ от употребления питьевой воды, подаваемой населению в Ямало-Ненецком автономном округе

Населенный пункт	Значения					
	ИП	ранг	$Risk_{неканц}$	ранг	$Risk_{канц}$	ранг
г. Губкинский	11,2	6	0,0044	12	1,1E-04	4
г. Лабытнанги	13,2	5	0,0094	5	5,0E-05	6
г. Муравленко	5,3	10	0,0061	7	5,0E-05	8
г. Надым	20,2	2	0,012	2	1,4E-04	1
г. Новый Уренгой	18,3	3	0,0053	9	1,2E-04	3
г. Ноябрьск	5,4	9	0,0059	8	5,0E-05	9
г. Салехард	9,1	8	0,0075	6	5,0E-05	7

[1] Р 2.1.10.3968-23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания».

[2] МР 2.1.4.0032-11 «Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности».

Населенный пункт	Значения					
	ИП	ранг	$Risk_{неканц}$	ранг	$Risk_{канц}$	ранг
г. Тарко-Сале	9,7	7	0,011	3	4,0E-05	11
п. Тазовский	21,0	1	0,0099	4	1,3E-04	2
пгт. Харп	0,09	14	0,00049	14	-	-
с. Аксарка	5,3	11	0,0046	11	5,0E-05	10
с. Белоярск	2,1	12	0,0047	10	2,0E-05	12
с. Харсаим	0,13	13	0,0023	13	0	13
с. Яр-Сале	15,3	4	0,015	1	5,0E-05	5

Примечание: выделены значения, превышающие приемлемые значения

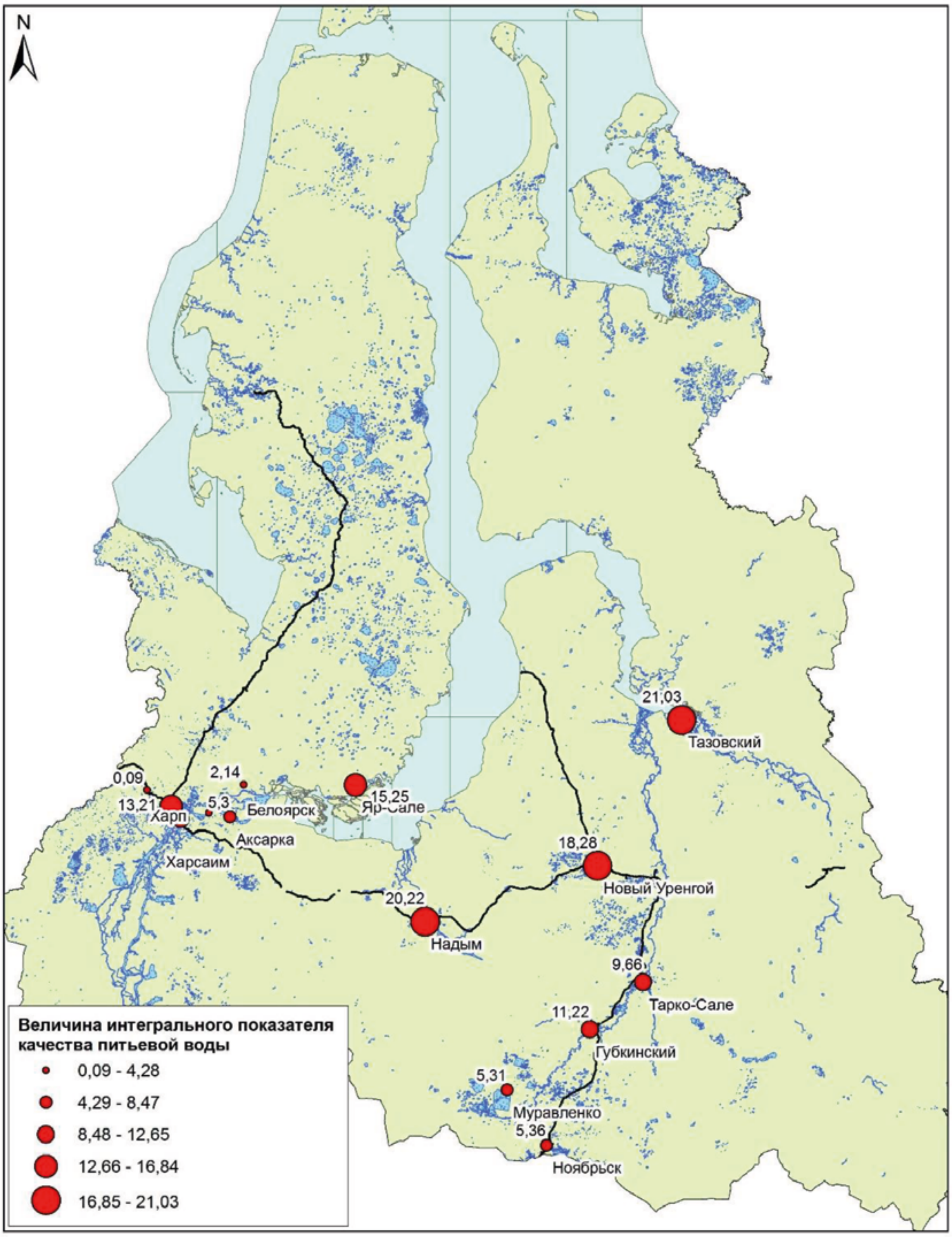

Рисунок 1. ИП качества питьевой воды населенных пунктов Ямало-Ненецкого автономного округа

Минимальное значение $Risk_{неканц}$ – в пгт Харп, максимальное – в с. Яр-Сале. В с. Харсаим значение $Risk_{канц}$ равно 0, в г. Надым – 1,4E-04 (рис. 2).

Основной вклад в значение ИП качества питьевой воды городов Лабытнанги и Тарко-Сале, с. Харсаим и Ярве вносит величина $Risk_{op}$ (рис. 3, табл. 2).

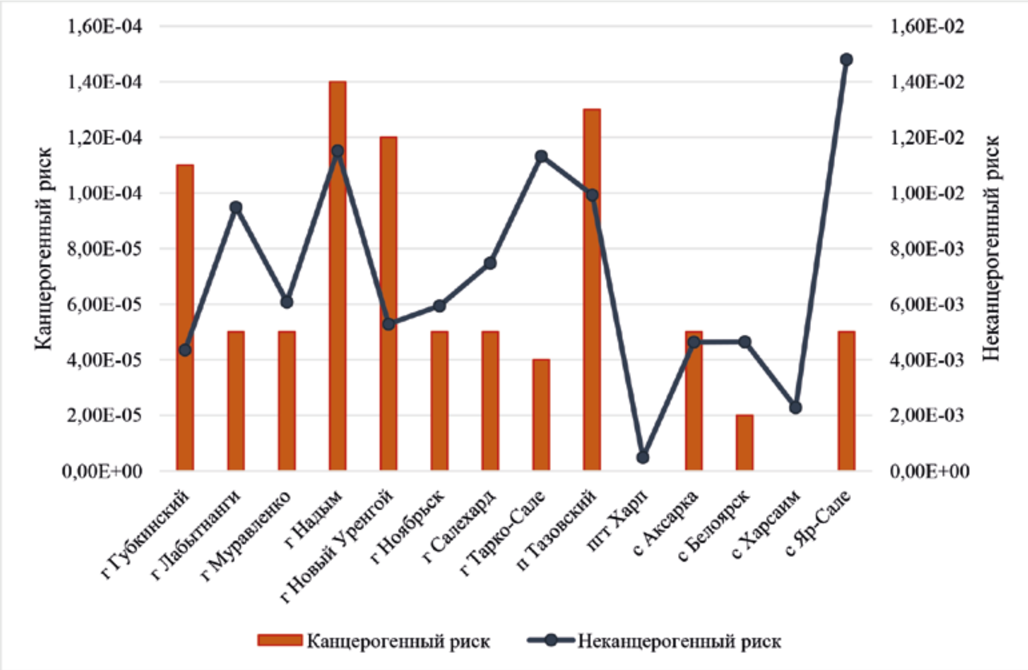

Рисунок 2. Сравнительная оценка значений $Risk_{канц}$, $Risk_{неканц}$ в населенных пунктах, рассматриваемых в данном исследовании

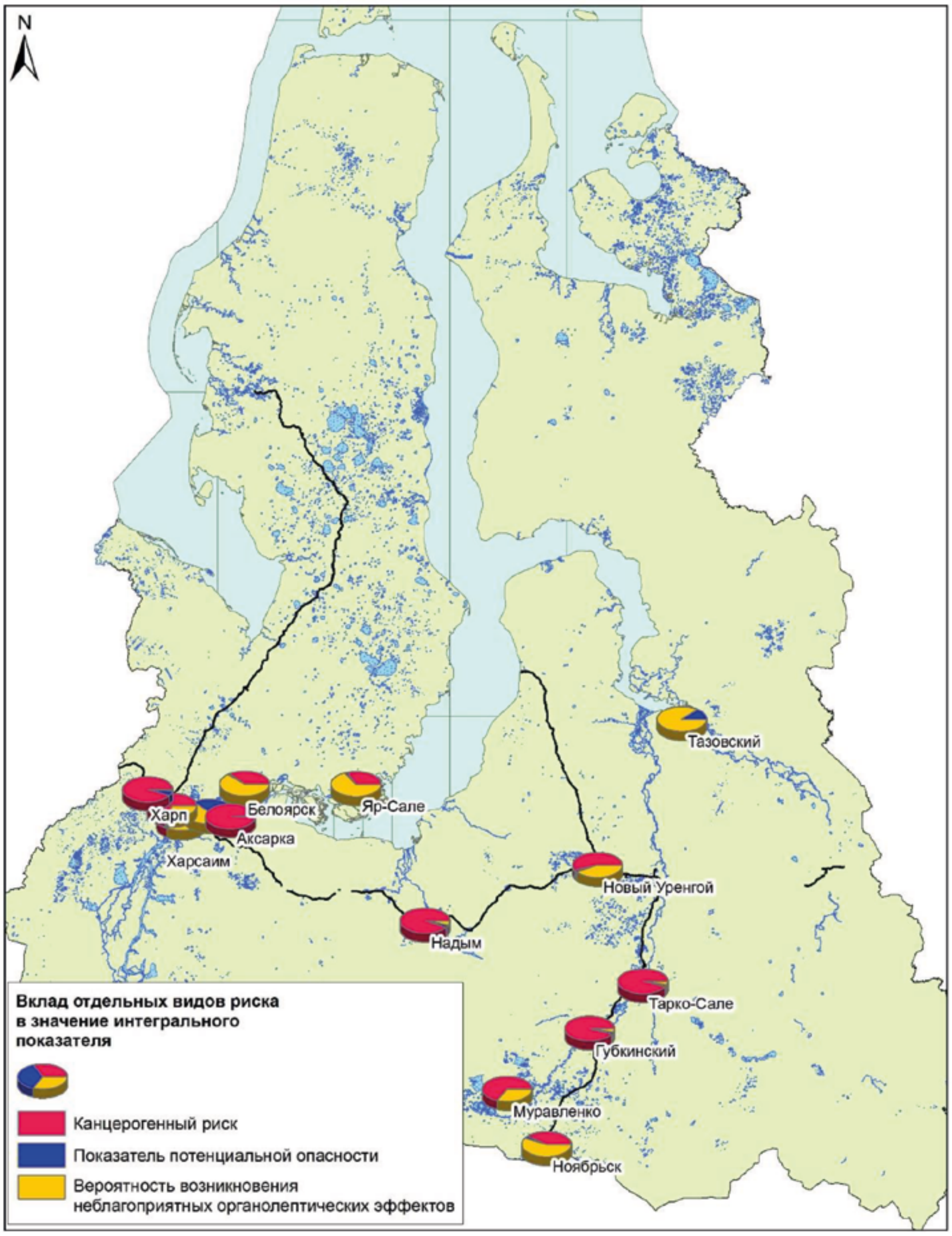

Рисунок 3. Структура ИП качества питьевой воды в рассматриваемых в настоящем исследовании населенных пунктах

В воде г. Салехард удельный вес значения $Risk_{канц}$ в значение ИП составил 55,1%, г. Губкинский – 98,0%.

Выполненные расчеты органолептического риска питьевой воды $Risk_{ор}$ позволили выделить 7 населенных пунктов с неблагоприятными эффектами (табл.3).

Таблица 3

Показатели качества питьевой воды, формирующие основной вклад в уровни риска от употребления питьевой воды населением Ямало-Ненецкого автономного округа

Населенный пункт	Обобщенные показатели, неорганические и органические вещества, концентрации которых вносят максимальный вклад в значения		
	$Risk_{ор}$	$Risk_{неканц}$	$Risk_{канц}$
г. Губкинский	Водородный показатель (pH)	Железо (Fe, суммарно)	Мышьяк (As, суммарно)
г. Лабытнанги	Железо (Fe, суммарно)	Железо (Fe, суммарно)	Мышьяк (As, суммарно)
г. Муравленко	Железо (Fe, суммарно)	Кремний (Si, суммарно)	Мышьяк (As, суммарно)
г. Надым	Марганец (Mn, суммарно)	Марганец (Mn, суммарно)	Мышьяк (As, суммарно)
г. Новый Уренгой	Железо (Fe, суммарно)	Железо (Fe, суммарно)	Мышьяк (As, суммарно)
г. Ноябрьск	Железо (Fe, суммарно)	Кадмий (Cd, суммарно)	Хром (Cr, суммарно)
г. Салехард	Марганец (Mn, суммарно)	Марганец (Mn, суммарно)	Мышьяк (As, суммарно)
г. Тарко-Сале	Марганец (Mn, суммарно)	Марганец (Mn, суммарно)	Мышьяк (As, суммарно)
п. Тазовский	Марганец (Mn, суммарно)	Марганец (Mn, суммарно)	Мышьяк (As, суммарно)
пгт. Харп	Железо (Fe, суммарно)	Железо (Fe, суммарно)	-
с. Аксарка	Железо (Fe, суммарно)	Железо (Fe, суммарно)	Мышьяк (As, суммарно)
с. Белоярск	Мутность	Хлороформ (трихлорметан; фреон 20; хладон 20)	Хлороформ (трихлорметан; фреон 20; хладон 20)
с. Харсаим	Железо (Fe, суммарно)	Железо (Fe, суммарно)	Хлороформ (трихлорметан; фреон 20; хладон 20)
с. Яр-Сале	Алюминий (Al, суммарно)	Алюминий (Al, суммарно)	Мышьяк (As, суммарно)

Как следует из данных, представленных в таблице 3, значения $Risk_{ор}$ превышают приемлемые уровни в городах Лабытнанги, Надым, Новый Уренгой, Салехард, Тарко-Сале, поселке Тазовский, селе Яр-Сале. В значение вероятности возникновения неблагоприятных органолептических эффектов в городах Лабытнанги, Муравленко, Новый Уренгой, Ноябрьск, пгт Харп, селах Аксакарка, Харсаим максимальный вклад вносят концентрации железа.

Анализ полученных результатов показывает отсутствие превышения приемлемого уровня неканцерогенного риска при употреблении воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Значения риска в 6 населенных пунктах обусловлены концентрацией железа.

Динамика среднемесячных концентраций железа в 2024 году в питьевой воде представлена на рисунке 4.

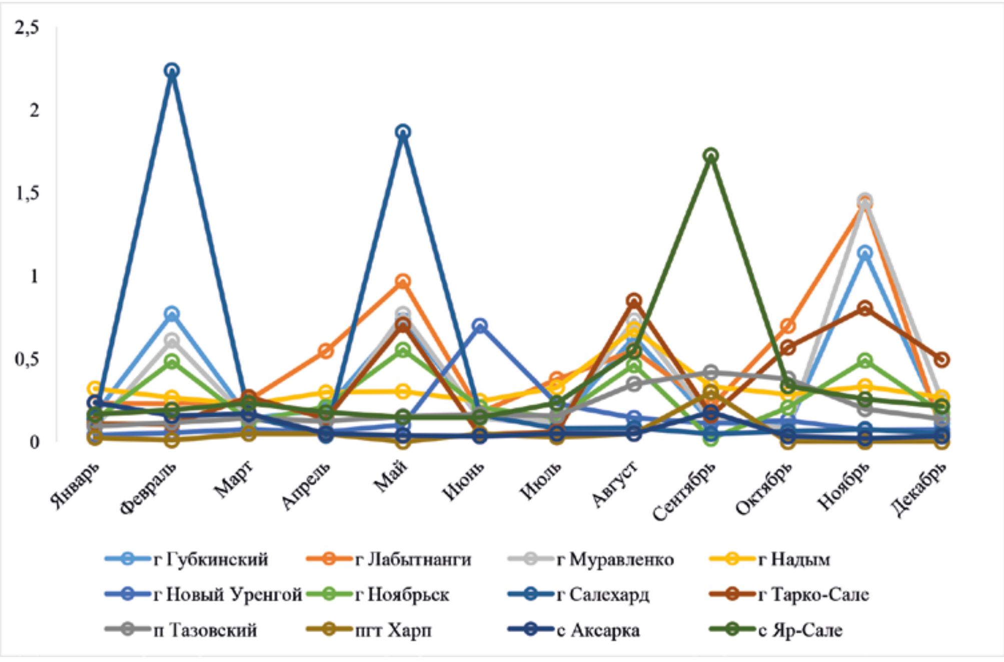

Рисунок 4. Среднемесячные концентрации железа в питьевой воде рассматриваемых в данном исследовании населенных пунктов в 2024 году

Косвенным признаком неудовлетворительного состояния распределительной сети является превышение концентрации железа в воде распределительной сети по сравнению с концентрацией железа в воде перед подачей в распределительную сеть [15]. Такая ситуация наблюдается в городах Лабытнанги, Новый Уренгой, Салехард, Тарко-Сале и селе Яр-Сале.

Значения $Risk_{канц}$ во всех населенных пунктах, за исключением пгт. Харп (исследования канцерогенных веществ в воде не проводятся) и с. Харсаим, превышают приемлемые (допустимые) для населения уровни и в соответствии с Р 2.1.10.3968-23 относятся к настораживающему уровню риска. В 10 населенных пунктах значения $Risk_{канц}$ обусловлены содержанием мышьяка в питьевой воде.

На основе расчетных значений $Risk_{канц}$ при употреблении питьевой воды было рассчитано ожидаемое число дополнительных случаев заболеваний злокачественными новообразованиями при сценарии пожизненной экспозиции к исследованным концентрациям химических веществ, обладающих канцерогенным эффектом [16]. Полученные в работе значения популяционного $Risk_{канц}$ при употреблении питьевой воды характеризуются как сопоставимые с естественным фоновым уровнем заболеваемости населения.

К числу основных неопределенностей выполненной оценки риска следует отнести:

- неопределенности, связанные с оценкой экспозиции при учете количества воды, поступающей в организм человека: в настоящей работе приняты усредненные значение параметров экспозиции (масса тела человека 70 кг, количество воды в сутки 2 л, длительность экспозиции 70 лет – для канцерогенных веществ и 30 лет – для неканцерогенных);
- перечень показателей качества питьевой воды, контролируемых в населенных пунктах, отличается, что влияет как на величины отдельных видов риска, так и на итоговое значение интегрального показателя;
- неопределенности, обусловленные объективностью оценки фактических концентраций загрязняющих веществ: учитывался наихудший сценарий воздействия без учета применения бытовых фильтров для воды, в результате чего уровни экспозиции населения к присутствующим в воде загрязнителям могут быть преувеличены;
- неопределенности, обусловленные чувствительностью методики выполнения измерений концентраций загрязняющих веществ в питьевой воде: применяемые для определения концентраций мышьяка в питьевой воде методики имеют нижний предел количественного определения в интервале от 0,0005 до 0,005 мг/л. Результаты исследований, не превышающие нижний предел количественного определения, рассматривались в настоящей работе равными ½ нижнего предела количественного определения. Результаты оценки риска, выполненной на основе этих значений, следует рассматривать как возможно завышенные. В связи с этим, полученные неприемлемые уровни $Risk_{канц}$, обусловленные присутствием мышьяка в питьевой воде, нельзя считать в полной мере объективными. Для получения объективных данных о содержании мышьяка в питьевой воде и прогнозируемого от его воздействия риска для здоровья целесообразно применение методик определения вещества с нижним пределом количественного определения не более 0,0002 мг/л.

Заключение

Значения интегрального показателя качества питьевой воды населенных пунктов Ямало-Ненецкого автономного округа варьируются от 0,09 до 21,0. Значения риска ($Risk_{ор}$) превышают приемлемые уровни в городах Лабытнанги, Надым, Новый Уренгой, Салехард, Тарко-Сале, поселке Тазовский, селе Яр-Сале. Значения хронического $Risk_{неканц}$ не превышают приемлемый уровень. Значения $Risk_{канц}$ во всех населенных пунктах (за исключением пгт. Харп и с. Харсаим) превышают приемлемые для населения уровни.

Для более корректной оценки влияния питьевой воды на здоровье населения Ямало-Ненецкого автономного округа необходимо актуализировать с учетом рекомендаций МР 2.1.4.0176-20[3] программу лабораторного контроля качества питьевой воды, исследуемой в рамках социально-гигиенического мониторинга.

С целью получения объективных данных об уровнях экспозиции населения к загрязняющим питьевую воду веществам и прогнозируемых рисках целесообразно рекомендовать применение методик выполнения измерений с чувствительностью, обеспечивающей измерение химической примеси химических соединений на уровне не менее 0,5 референтного уровня.

[3] МР 2.1.4.0176-20 «Организация мониторинга обеспечения населения качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения».

Список литературы:

1. Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Тихонова Н.А., Федоров В.Н., Исаев Д.С. Анализ состояния здоровья населения во взаимосвязи с качеством питьевой воды в мурманской области // Российская Арктика. 2022. № 4(19). С. 05-16 https://doi.org/10.24412/2658-4255-2022-4-05-16
2. 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. https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.03
3. 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.
4. 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. 2014. № 3(252). С. 4-7.
5. 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.
6. 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. http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-7-686-689/
7. 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. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. Т. 1. С. 129-136.
8. 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;100(4):396-405. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-4-396-405
9. Сколубович Ю.Л., Войтов Е.Л., Цыба А.А. [и др.] Подготовка поверхностных и подземных вод для питьевого водоснабжения поселков в Арктической зоне // Academia. Архитектура и строительство. 2020. № 3. С. 138-142. EDN VRXTWZ. http://dx.doi.org/10.22337/2077-9038-2020-3-138-142
10. Бобылев Н.Г., Гадаль С., Коновалова М.О. [и др.] Ранжирование регионов Арктической зоны Российской Федерации по индексу экологической безопасности // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2020. № 3(69). С. 17-40. EDN BCSPQK. https://doi.org/10.37614/2220-802X.2.2020.69.002
11. Ревич Б.А. Риски здоровью населения в «горячих точках» от химического загрязнения Арктического макрорегиона // Проблемы прогнозирования. 2020. № 2(179). С. 148-157. EDN ZBMXRN
12. Куценко С.Ю., Павленко В.И., Платэ А.Н., Лексин А.Б. Особенности состояния жилищно-бытовых условий населения Арктической зоны Российской Федерации как одного из важнейших факторов устойчивого развития макрорегиона // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. № 1. С. 53. EDN EYIXFG
13. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ямало-Ненецком автономном округе в 2024 году». URL: https://docs.cntd.ru/document/1200094121 (дата обращения: 06.07.2025).
14. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024622781 Российская Федерация. Ранговая оценка интегральных показателей качества питьевой воды: № 2024622476: заявл. 14.06.2024: опубл. 27.06.2024 / Ю.А. Новикова, Н.А. Тихонова, О.И. Копытенкова [и др.]. Заявитель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья». EDN IHKMSL
15. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2025. 424 с.
16. 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. 13–14 октября 2022 года. Часть 2. Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2023. С. 190-195. https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id23-97/

References:

1. Kovshov AA, Novikova YuA, Myasnikov IO, Tikhonova NA, Fedorov VN, Isaev DS. Analysis of population health in relation to drinking water after quality in Murmansk oblast. *Russian Arctic*. 2022;(4(19)):05-16. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2658-4255-2022-4-05-16
2. Bogdanova VD, Kiku PF, Kislitsyna LV. Hygienic assessment of drinking water from underground sources of centralized water supply systems of Russky Island. *Health risk analysis*. 2020;2:28-37. (In Russ.). https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.03
3. Korshunova AYu, Mikhailichenko KYu. Assessment of the risk to public health when consuming drinking water from centralized water supply systems. *National Association of Scientists*. 2016;4-1(20):97-99. (In Russ.).
4. Meltzer AV, Erastova NV, Khurtsilava OG, et al. Stages of creating a system of health-saving water treatment technologies in St. Petersburg (for the 155th anniversary of the State Unitary Enterprise "Vodokanal of St. Petersburg"). *Population Health and Habitat* 2014;(3(252)):4-7. (In Russ.).
5. Sidorenkova LM, Mayorova EG, Barsukov VA, et al. Integral assessment of the quality of drinking water in centralized water supply systems of the Smolensk region. *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*. 2017;16(1):165-172. (In Russ.).
6. Friedman KB, Novikova YuA, Belkin AS. Health risk assessment for the purposes of hygienic characteristics of water supply systems. *Hygiene and Sanitation*. 2017;96(7): 686-689. (In Russ.).http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-7-686-689
7. Lapshin AP, Vankova AN. 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: Proceedings of the X All-Russian scientific and practical conference with international participation. Perm, Publishing house of Perm. nat. res. polytechnic. univ. 2020;1:129-136. (In Russ.).
8. Vozhdaeva MYu, Kholova AR, Wagner EV, et al. Changes in the indicators of chemical safety of drinking water in Ufa during its transportation to consumers. *Hygiene and Sanitation*. 2021;100(4):396-405. (In Russ.). ttps://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-4-396-405
9. Skolubovich YuL, Voitov EL, Tsyba AA, [et al.] Preparation of surface and groundwater for drinking water supply of settlements in the Arctic zone. *Academia. Architecture and Construction.* 2020;3:138-142. (In Russ.). EDN VRXTWZ. http://dx.doi.org/10.22337/2077-9038-2020-3-138-142
10. Bobylev NG, Gadal S, Konovalova MO, et al. Ranking of regions of the Arctic zone of the Russian Federation by the index of environmental safety. *North and market: formation of economic order.* 2020;3(69):17-40. (In Russ.). EDN BCSPQK. https://doi.org/10.37614/2220-802X.2.2020.69.002
11. Revich BA. Health risks to the population in "hot spots" from chemical pollution of the Arctic microregion. *Problems of forecasting*. 2020;(2(179)):148-157. (In Russ.). EDN ZBMXRN
12. Kutsenko SYu, Pavlenko VI, Plate AN, et al. Features of the state of housing and living conditions of the population of the Arctic zone of the Russian Federation as one of the most important factors in the sustainable development of the microregion. *Bulletin of Eurasian Science*. 2020;12(1):53. (In Russ.). EDN EYIXFG
13. Report "On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug in 2024". URL: https://docs.cntd.ru/document/1200094121 (accessed: 06.07.2025) (In Russ.).
14. Novikova YuA, Tikhonova NA, Kopytenkova OI, et al. Certificate of state registration of the database No. 2024622781 Russian Federation. Rank assessment of integral indicators of drinking water quality: No. 2024622476. Declared 14.06.2024. Published 27.06.2024. Applicant Federal Budgetary Scientific Institution "North-West Scientific Center of Hygiene and Public Health". (In Russ.). EDN IHKMSL
15. On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2024: State report. Moscow. Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare. 2025; 424 p. (In Russ.).
16. Novikova YuA, Tikhonova NA, Rakova VV. Algorithm for integral assessment of drinking water quality. Systems analysis in design and management. Collection of scientific papers of the XXVI International scientific and practical conference. October 13–14, 2022. Part 2. Saint Petersburg. Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University". 2023:190–195. https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id23-97