

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2021. № 4. (113). С. 37-53.
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2021. № 4. (113). P. 37-53.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ: ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 502.2:502.3, 504.75, 613.32

doi: 10.26110/ARCTIC.2021.113.4.003

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ АРКТИЧЕСКИХ ГОРОДОВ

*Мария Андреевна Русакова¹, Роман Александрович
Колесников², Елена Владимировна Шинкарук³*

^{1, 2, 3}Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

¹m.a.rusakova7@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5300-4169>

²roman387@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2722-5133>

³elena1608197@yandex.ru

Аннотация. Проведен сбор и анализ данных о химических веществах в водоисточниках и питьевой воде, потенциально способных воздействовать на самочувствие жителей Ямало-Ненецкого автономного округа на примере городов Салехард и Лабытнанги, поселка Харп. Дана характеристика риску здоровья населения от перорального поступления поллютантов с питьевой водой и представлены рекомендации по минимизации рисков. Значения индексов опасности суммарного неканцерогенного риска меньше 1,0 указывают на низкую вероятность возникновения неблагоприятных изменений в наиболее уязвимых органах и системах жителей рассмотренных территорий. Наибольший вклад в суммарный канцерогенный риск при употреблении питьевой воды внес мышьяк. Индивидуальные канцерогенные риски, связанные с воздействием мышьяка, кадмия, бериллия, свинца и шестивалентного хрома, требуют постоянного контроля.

Ключевые слова: Арктика, загрязняющие вещества, риски здоровью населения, питьевая вода, канцерогенные риски, неканцерогенные риски, оценка риска, управление рисками.

Цитирование: М.А. Русакова, Р.А. Колесников, Е.В. Шинкарук. Оценка влияния качества питьевой воды на здоровье населения Арктических городов // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2021. (113). № 4. С. 37-53. doi: 10.26110/ARCTIC.2021.113.4.003

Original article

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF POTABLE WATER QUALITY ON THE HEALTH OF THE POPULATION OF ARCTIC CITIES

Mariya A. Rusakova¹, Roman A. Kolesnikov², Elena V. Shinkaruk³,

^{1,2,3}Arctic Research Center, Salekhard, Russia.

¹m.a.rusakova7@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-5300-4169>

²roman387@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-2722-5133>

³elena1608197@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-4782-6275>

Abstract. The collection and analysis of data on chemicals in water sources and potable water, potentially capable of affecting the well-being of population of the Yamal-Nenets Autonomous District, were carried out using the example of the cities of Salekhard and Labytnangi, and the village of Kharp. The population health risk characteristics in case of oral intake of pollutants with potable water are given and recommendations for minimizing the risks are presented. The hazard indices of the total non-carcinogenic risk do not exceed 1.0, indicating a low probability of adverse effects on the most vulnerable organs and systems of the residents of the considered territories. Arsenic made the greatest contribution to the total carcinogenic risk from drinking water consumption. Individual carcinogenic risks from the effects of arsenic, cadmium, beryllium, lead and hexavalent chromium require constant monitoring.

Keywords: the Arctic, pollutants, population health risks, potable water, carcinogenic risks, non-carcinogenic risks, risk assessment, risk management/

Citation: M.A. Rusakova, R.A. Kolesnikov, E.V. Shinkaruk. Assessment of the impact of potable water quality on the health of the population of Arctic cities // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2021. (113). № 4. P. 37-53. doi: 10.26110/ARCTIC.2021.113.4.003

Введение

Вода – жизненно важный ресурс, от качества и доступности которого зависит здоровье и благополучие человека. Одной из серьезнейших проблем, препятствующих устойчивому развитию арктических территорий, является недостаточное обеспечение качественной питьевой водой, что связано и с высоким природным содержанием ряда элементов (например, железо и марганец), и с антропогенным загрязнением водных объектов (например, нефтепродуктами), и с нарушением санитарно-гигиенических условий добычи и транспортировки воды населению (например, отсутствие водоочистных сооружений) [1-5].

Население арктических городов подвержено и без антропогенного влияния высоким физиологическим нагрузкам [6, 7]. Актуальными остаются исследования, направленные на улучшение экологической обстановки в Арктике. Данная работа по оценке рисков здоровью населения Ямало-Ненецкого автономного округа, связанных с химическим загрязнением питьевой воды, позволила выявить вероятность развития неблагоприятных эффектов при ее пероральном поступлении, определить наиболее уязвимые органы и системы организма, смоделировать прогноз последствий влияния поллютантов в питьевой воде и разработать меры, способствующие предотвращению подобных воздействий.

Представленные результаты являются частью научно-исследовательской работы «Оценка риска здоровью населения Ямало-Ненецкого автономного округа в связи с воздействием химических (неблагоприятных) факторов окружающей среды», выполняемой государственным казенным учреждением Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики» в рамках комплексной программы «Управление экологически обусловленными рисками для здоровья населения на 2019-2024 годы», утвержденной постановлением Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа от 13 сентября 2019 года №1005-П.

Материалы и методы исследования

Источниками информации для проведения исследования явились актуальные схемы водоснабжения и водоотведения, разработанные для изучаемых территорий, и результаты мониторинга, проведенного федеральным бюджетным учреждением здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Ямало-Ненецком автономном округе».

Для анализа опасности здоровью жителей рассматриваемых арктических территорий от выявленных поллютантов применялось «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» Р 2.1.10.1920-04, утвержденное

главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 05 марта 2004 г. (далее по тексту – руководство Р 2.1.10.1920-04) [8], широко используемое и другими авторами [9-11]. Учтена информация о концентрациях химических ингредиентов в питьевой воде, степени выраженности их канцерогенных и токсических свойств, выявлены критические органы/системы и эффекты, в том числе и от комплексного действия поллютантов.

Объектами исследования в 2020 году на территории Ямало-Ненецкого автономного округа выбраны город Салехард, город Лабытнанги и поселок Харп.

Источниками питьевого водоснабжения муниципального образования город Салехард служат городской водозабор, находящийся на юго-востоке периферии города и водозабор мыс Корчаги, находящийся на мысе Корчаги на правом берегу реки Обь в 5 километрах от северной окраины города Салехард. Для обеспечения норм качества воды из артезианских скважин функционируют станции очистки и обезжелезивания ВОС-5000 и ВОС-15000. По данным производственного контроля за 2019 и 2020 годы, качество питьевой воды отвечает требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01.

Водоснабжение города Лабытнанги осуществляется от поверхностного водозабора на реке Ханмей. Водозабор представляет собой искусственный котлован в русле реки Ханмей, местная очистная система проводит обеззараживание. Однако в весенний период качество воды резко падает, вода коммунального водоснабжения используется только для технических нужд. Питьевую воду доставляют в автоцистернах из реки Сось поселка Харп. Скорость жилищного и промышленного строительства в осваиваемых районах Арктики существенно опережает оснащение инженерными коммуникациями и станциями для очистки воды. Основным недостатком является отсутствие централизованных систем канализации, даже для населенных пунктов с действующими системами теплоснабжения и водопровода.

По данным мониторинга загрязнений питьевой воды за 2019 и 2020 годы, её качество в городе Лабытнанги не отвечает требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 по содержанию железа. Концентрации железа в питьевой воде превышают предельно допустимые по усредненным показателям в 1,24 раза (0,37 мг/дм³), по максимальному значению – в 4,7 раза (1,41 мг/дм³).

В настоящее время в округе реализуется региональная программа повышения качества водоснабжения «Чистая вода». В рамках этой программы предлагается реализация проекта по строительству водопровода из поселка Харп [12].

Поселок Харп находится в 40 километрах северо-западнее города Лабытнанги, на левом берегу реки Сось. Внешняя транспортная связь с населенными пунктами осуществляется по железной дороге и автомобиль-

ной трассе. Водоснабжение существующей застройки осуществляется за счет подземных вод артезианскими скважинами в количестве 5 штук.

Качество питьевой воды, подаваемой для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд в поселке Харп, без дополнительной очистки соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Существующая застройка полностью охвачена системой водоснабжения.

Результаты исследования и обсуждение

Салехард. В питьевой воде присутствуют химические вещества 1-го класса опасности (2 вещества: ртуть и бериллий), 2-го класса опасности (7 веществ: свинец, барий, кадмий, нитриты, алюминий, мышьяк и селен), 3-го класса опасности (8 веществ: хлор, нитраты, железо, фториды, марганец, аммиак, хром Cr⁶⁺ и медь), 4-го класса опасности (4 вещества: фториды, фенол, хлориды и сульфаты), нормируемые по санитарно-токсикологическому признаку вредности (11 веществ: мышьяк, алюминий, селен, кадмий, нитраты, свинец, ртуть, аммиак, бериллий, барий и фториды), нормируемые по органолептическому признаку (9 веществ: фенол, железо, цинк, нитриты, марганец, медь, хлориды, сульфаты и хлор).

С целью отбора значимых для дальнейшего анализа загрязнителей, содержащихся в питьевой воде, произведено их ранжирование с определением индексов сравнительной канцерогенной (HRIC) и неканцерогенной (HRI) опасности согласно методике, принятой руководством Р 2.1.10.1920-04. Расчет индексов опирается на уровни воздействия и весовые коэффициенты, обусловленные значениями фактора канцерогенного потенциала и группой канцерогенности из классификации международного агентства по изучению рака (далее – МАИР) для канцерогенных веществ, референтных доз и гигиенических нормативов для веществ с неблагоприятными неканцерогенными эффектами.

По данным ранжирования сравнительной канцерогенной опасности, первое ранговое место по вкладу занимает мышьяк (95,79%), второе – хром⁶⁺ (1,92%), третье – бериллий (1,92%), четвертое – кадмий (0,19%), пятое – свинец (0,19%).

При ранжировании поллютантов по индексам сравнительной неканцерогенной опасности, рассчитанным с использованием референтных доз, наиболее значимыми химическими веществами (вносящими в суммарный индекс более 99%-ный вклад) стали: мышьяк (41,0%), нитраты (12,9%), нитриты (12,7%), фториды (8,8%), барий (8,2%), марганец (5,0%), хлор (4,1%), селен (1,6%), аммиак (1,6%), железо (1,0%), хром⁶⁺ (0,8%), свинец (0,8%), кадмий (0,8%).

Рассмотренные химические вещества питьевой воды, поступающая перорально, влияют негативно наибольшим образом на изменения крови (5 веществ:

свинец, нитриты, нитраты, железо, марганец) и на центральную нервную систему (5 веществ: мышьяк, алюминий, марганец, свинец, фенол). На желудочно-кишечный тракт неблагоприятно воздействуют 3 вещества: фенол, бериллий, мышьяк; на развитие – 2 вещества: свинец, фенол; на сердечно-сосудистую систему – 3 вещества: барий, мышьяк, нитраты; на иммунную систему – 3 вещества: мышьяк, железо, хлор; на нервную систему – 2 вещества: мышьяк, свинец; на эндокринную систему – 3 вещества: мышьяк, кадмий, свинец; на почки – 3 вещества: барий, кадмий, фенол; на слизистые – 2 вещества: железо, хлор; на кожу – 3 вещества: мышьяк, железо, селен.

Оценка водного канцерогенного риска выполнена в связи с воздействием мышьяка, бериллия, кадмия, свинца и шестивалентного хрома на население города Салехард (50 064 человека) и ориентирована на характеристику средней тенденции.

Индивидуальные канцерогенные риски от влияния кадмия, бериллия, свинца и шестивалентного хрома в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 лежат во втором диапазоне 1×10^{-6} – 1×10^{-4} . Риски такого уровня должны находиться под постоянным контролем, рекомендовано проведение дополнительных мероприятий по их минимизации.

Требуют осуществления мероприятий по оздоровлению, являясь неприемлемыми для населения, индивидуальные канцерогенные риски от мышьяка в питьевой воде, согласно Р 2.1.10.1920-04 лежащие в третьем диапазоне 1×10^{-4} – 1×10^{-3} .

Значения суммарного индивидуального, прогнозируемого популяционного, популяционного годового канцерогенных рисков составили $1,34 \times 10^{-4}$, 6,7 и 0,1 соответственно. В результате перорального воздействия мышьяка, кадмия, бериллия, свинца и шестивалентного хрома с питьевой водой в течение жизни населения города Салехард прогнозируется возникновение 7 случаев онкологических заболеваний. Мышьяк вносит в суммарный канцерогенный риск наибольший вклад.

Значения индивидуального, популяционного, популяционного годового и суммарного канцерогенного риска на рассматриваемых территориях представлены в таблице 1.

Таблица 1. Канцерогенные риски здоровью населения города Салехард, связанные с потреблением питьевой воды

№ п/п	Вещество	Экспозиция	Индивидуальный канцерогенный риск	Популяционный канцерогенный риск	Популяционный годовой риск
1	Кадмий	$2,86 \times 10^{-6}$	$1,09 \times 10^{-6}$	$5,44 \times 10^{-2}$	$7,77 \times 10^{-4}$
2	Бериллий	$2,86 \times 10^{-6}$	$1,23 \times 10^{-5}$	$6,15 \times 10^{-1}$	$8,79 \times 10^{-3}$

Продолжение таблицы 1.

№ п/п	Вещество	Экспозиция	Индивидуальный канцерогенный риск	Популяционный канцерогенный риск	Популяционный годовой риск
3	Мышьяк	$7,14 \times 10^{-5}$	$1,07 \times 10^{-4}$	5,36	$7,66 \times 10^{-2}$
4	Хром Cr6+	$2,86 \times 10^{-5}$	$1,20 \times 10^{-5}$	$6,01 \times 10^{-1}$	$8,58 \times 10^{-3}$
5	Свинец	$2,86 \times 10^{-5}$	$1,34 \times 10^{-6}$	$6,72 \times 10^{-2}$	$9,60 \times 10^{-4}$
6	Суммарный риск		$1,34 \times 10^{-4}$	6,70	0,10

Значения коэффициентов опасности индивидуальных неканцерогенных рисков (HQ) лежат ниже 1,0, что говорит о низкой вероятности возникновения неблагоприятных эффектов для жителей города Салехард от воздействия всех приоритетных химических веществ питьевой воды.

Наибольшие значения коэффициентов опасности установлены в связи с воздействием мышьяка (HQ 0,48), фторидов (HQ 0,05) и нитритов (HQ 0,04).

Проведена оценка неканцерогенного риска от комплексного воздействия химических веществ на наиболее чувствительные к ним органы и системы. Анализируемые приоритетные вещества сгруппированы по однонаправленным действиям на уязвимые органы и системы. Подтверждением низкой вероятности возникновения негативных изменений для критических органов/систем служат значения индексов опасности суммарного неканцерогенного риска меньше 1,0. Наибольшие значения индексов опасности установлены для токсических веществ, влияющих на сердечно-сосудистую систему (HI 0,526), иммунную систему (HI 0,502) и кожу (HI 0,499).

Приоритетный фактор органолептического риска от использования питьевой воды – железо, однако даже суммарная оценка всех органолептических факторов составляет менее 0,1.

Потенциальный хронический риск от воздействия приоритетных веществ питьевой воды (нитриты, нитраты, аммиак, мышьяк, барий, хлор, железо, марганец, кадмий, свинец, селен, алюминий, бериллий, хром6+, фенол, фториды) составляет 0,072, свидетельствуя об отсутствии возникновения неблагоприятных эффектов в состоянии здоровья населения города Салехард в связи с употреблением питьевой воды.

Лабытнанги. В питьевой воде, подаваемой жителям города Лабытнанги, присутствуют: 2 химических вещества 1-го класса опасности (ртуть и бериллий), 7 химических веществ 2-го класса опасности (мышьяк, сурьма, свинец, нитриты, алюминий, кадмий и селен), 6 химических веществ 3-го класса опасности (железо, хлор, цинк, нитраты, медь и марганец), 3 вещества 4-го класса опасности (хлориды, сульфаты и фенол); 9 веществ,

нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности (свинец, нитраты, селен, ртуть, аммиак, мышьяк, алюминий, кадмий и бериллий), 9 веществ – по органолептическому признаку (сульфаты, медь, хлор, железо, цинк, нитриты, хлориды, фенол и марганец).

По данным ранжирования сравнительной канцерогенной опасности, первое ранговое место по вкладу занимает мышьяк (94,95%), второе – бериллий (3,78%), третье – свинец (0,49%), четвертое – кадмий (0,76%).

При ранжировании поллютантов по индексам сравнительной неканцерогенной опасности, рассчитанным с использованием референтных доз, наиболее значимыми химическими веществами (вносящими в суммарный HRI более 99%-ный вклад) стали: мышьяк (33,1%), сурьма (33,1%), нитриты (11,2%), нитраты (7,0%), хлор (3,3%), железо (2,5%), марганец (2,1%), кадмий (1,6%), аммиак (1,5%), селен (1,3%), нефтепродукты (1,1%), свинец (0,9%).

Поступая перорально, приоритетные химические вещества питьевой воды в наибольшей степени способствуют изменениям крови (6 веществ: нитриты, нитраты, железо, марганец, свинец, цинк). На центральную нервную систему негативное влияние оказывают 4 вещества: мышьяк, марганец, свинец, фенол; на желудочно-кишечный тракт – 4 вещества: мышьяк, хром, бериллий, фенол; на развитие – 2 вещества: свинец, фенол; на сердечно-сосудистую систему – 2 вещества: нитраты, мышьяк; на иммунную систему – 3 вещества: мышьяк, хлор, железо; на нервную систему – 2 вещества: мышьяк, свинец; на эндокринную систему – 3 вещества: мышьяк, кадмий и свинец; на печень – 2 вещества: селен и хром; на почки – 4 вещества: кадмий, хром, нефтепродукты, фенол; на слизистые – 3 вещества: железо, хлор и хром; на кожу – 3 вещества: мышьяк, железо и селен; на биохимические показатели – 3 вещества: сурьма, свинец, цинк.

Оценка водного канцерогенного риска выполнена в связи с воздействием мышьяка, бериллия, кадмия и свинца для населения города Лабитнанги (26 295 человек) и ориентирована на характеристику средней тенденции.

Индивидуальные канцерогенные риски, возникающие от воздействия кадмия, свинца и бериллия, согласно Р 2.1.10.1920-04 лежат во втором диапазоне 1×10^{-6} – 1×10^{-4} и должны подлежать постоянному контролю.

Индивидуальные канцерогенные риски, возникающие от воздействия мышьяка, в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 лежат в третьем диапазоне 1×10^{-4} – 1×10^{-3} и показывают необходимость разработки и реализации плановых мероприятий по оздоровлению.

Канцерогенные риски суммарный индивидуальный, прогнозируемый популяционный и популяционный годовой имеют следующие значения: $1,23 \times 10^{-4}$, 3,24, $4,63 \times 10^{-2}$, соответственно. От перорального воздействия мышьяка, свинца, кадмия, бериллия с питьевой водой в течение жизни

населения города Лабытнанги прогнозируется возникновение 3 случаев онкологических заболеваний. Мышьяк вносит самый весомый вклад в суммарный канцерогенный риск.

Значения индивидуального, популяционного, популяционного годового и суммарного канцерогенного риска на рассматриваемых территориях представлены в таблице 2.

Таблица 2. Канцерогенные риски здоровью населения города Лабытнанги, связанные с потреблением питьевой воды

№ п/п	Вещество	Экспозиция	Индивидуальный канцерогенный риск	Популяционный канцерогенный риск	Популяционный годовой риск
1	Мышьяк	$7,14 \times 10^{-5}$	$1,07 \times 10^{-4}$	2,82	$4,02 \times 10^{-2}$
2	Кадмий	$5,71 \times 10^{-6}$	$2,17 \times 10^{-6}$	$5,71 \times 10^{-2}$	$8,16 \times 10^{-4}$
3	Свинец	$3,71 \times 10^{-6}$	$1,75 \times 10^{-6}$	$4,59 \times 10^{-2}$	$6,56 \times 10^{-4}$
4	Бериллий	$2,86 \times 10^{-6}$	$1,23 \times 10^{-5}$	$3,23 \times 10^{-1}$	$4,62 \times 10^{-3}$
5	Суммарный риск		$1,23 \times 10^{-4}$	3,24	$4,63 \times 10^{-2}$

О низкой вероятности возникновения негативных эффектов от воздействия всех приоритетных загрязнителей питьевой воды для жителей города Лабытнанги свидетельствуют не превышающие 1,0 коэффициенты опасности индивидуальных неканцерогенных рисков (HQ).

Наибольшие значения коэффициентов опасности установлены в связи с воздействием мышьяка (HQ 0,48), сурьмы (HQ 0,38) и нитритов (HQ 0,05).

Подтверждением низкой вероятности проявления негативных изменений в критических органах и системах послужили не превышающие 1,0 индексы опасности суммарных неканцерогенных рисков.

Наибольшие значения индексов опасности установлены для токсических веществ, влияющих на иммунную систему (HI 0,526), кожу (HI 0,523) и эндокринную систему (HI 0,501).

Суммарная оценка органолептического риска от использования питьевой воды, поставляемой жителям города Лабытнанги, составляет менее 0,1, приоритетный фактор – железо.

Потенциальный хронический риск от воздействия приоритетных веществ питьевой воды (мышьяк, кадмий, хром, нитриты, нитраты, аммиак, хлор, железо, сурьма, марганец, нефтепродукты, свинец, селен, бериллий, фенол и цинк) составляет 0,055 и свидетельствует об отсутствии возникновения неблагоприятных эффектов в состоянии здоровья населения города Лабытнанги в связи с употреблением питьевой воды.

Харп. В питьевой воде присутствуют: 2 химических вещества 1-го класса опасности (ртуть и бериллий), 10 химических веществ 2-го класса опасности (бор, мышьяк, алюминий, барий, кадмий, молибден, свинец, селен, стронций и фториды), 6 химических веществ 3-го класса опасности (железо, марганец, медь, никель, нитраты, цинк), 3 вещества 4-го класса опасности (сульфаты, хлориды и фенол); 12 веществ, нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности (мышьяк, алюминий, ртуть, свинец, бор, стронций, барий, бериллий, кадмий, селен, никель и нитраты), 7 веществ – по органолептическому признаку (железо, хлориды, сульфаты, марганец, медь, цинк и фенол).

По данным ранжирования сравнительной канцерогенной опасности, первое ранговое место занимает мышьяк (96,81%), второе – бериллий (1,94%), третье – свинец (0,85%), четвертое – кадмий (0,41%).

При ранжировании поллютантов по индексам сравнительной неканцерогенной опасности, рассчитанным с использованием референтных доз, наиболее значимыми химическими веществами (вносящими в суммарный HRI более 95%-ный вклад) являются: мышьяк (36,4%), нитраты (32,2%), барий (7,3%), свинец (6,4%), марганец (4,2%), кадмий (3,1%), медь (2,7%), стронций (1,8%), нефтепродукты (1,8%).

Поступая перорально, приоритетные химические вещества питьевой воды наиболее существенно влияют на изменения крови (5 веществ: железо, никель, свинец, нитраты, марганец) и воздействуют на желудочно-кишечный тракт (5 веществ: медь, никель, мышьяк, бериллий, фенол). На центральную нервную систему негативное влияние оказывают 4 вещества: мышьяк, марганец, свинец, фенол; на развитие – 2 вещества: фенол, свинец; на сердечно-сосудистую систему – 4 вещества: мышьяк, никель, барий, нитраты; на иммунную систему – 2 вещества: железо, мышьяк; на нервную систему – 2 вещества: мышьяк, свинец; на эндокринную систему – 3 вещества: мышьяк, свинец, кадмий; на печень – 3 вещества: медь, селен, никель; на почки – 4 вещества: нефтепродукты, кадмий, барий и фенол; на массу тела – 2 вещества: бериллий, никель; на кожу – 3 вещества: железо, мышьяк, селен.

Оценка водного канцерогенного риска выполнена в связи с воздействием мышьяка, бериллия, кадмия и свинца на население поселка Харп (5 941 человек) и ориентирована на характеристику средней тенденции.

Индивидуальные канцерогенные риски, вызванные влиянием кадмия, бериллия и свинца согласно Р 2.1.10.1920-04 лежат во втором диапазоне 1×10^{-6} – 1×10^{-4} и должны находиться под постоянным контролем.

Индивидуальные канцерогенные риски, вызванные действием мышьяка, согласно Р 2.1.10.1920-04 лежат в третьем диапазоне 1×10^{-4} – 1×10^{-3} , что требует проработки и осуществления плановых мероприятий по оздоровлению.

Значения канцерогенных рисков суммарного индивидуального, прогнозируемого популяционного, годового популяционного составили $1,28 \times 10^{-4}$, $7,58 \times 10^{-1}$, $1,08 \times 10^{-2}$ соответственно. Благодаря низким величинам рассчитанных рисков не прогнозируется существенного уровня развития онкологических заболеваний при пероральном действии мышьяка, кадмия, бериллия и свинца, поступающих с питьевой водой в течение жизни жителей поселка Харп. Воздействие мышьяка дает наибольший вклад в суммарный канцерогенный риск.

Значения индивидуального, популяционного, популяционного годового, суммарного канцерогенного риска на рассматриваемых территориях представлены в таблице 3.

Таблица 3. Канцерогенные риски здоровью населения поселка Харп, связанные с потреблением питьевой воды

№ п/п	Вещество	Экспозиция	Индивидуальный канцерогенный риск	Популяционный канцерогенный риск	Популяционный годовой риск
1	Мышьяк	$7,14 \times 10^{-5}$	$1,07 \times 10^{-4}$	$6,37 \times 10^{-1}$	$9,09 \times 10^{-3}$
2	Кадмий	$6,00 \times 10^{-6}$	$2,28 \times 10^{-6}$	$1,35 \times 10^{-2}$	$1,94 \times 10^{-4}$
3	Бериллий	$2,86 \times 10^{-6}$	$1,23 \times 10^{-5}$	$7,30 \times 10^{-2}$	$1,04 \times 10^{-3}$
4	Свинец	$1,26 \times 10^{-4}$	$5,91 \times 10^{-6}$	$3,51 \times 10^{-2}$	$5,01 \times 10^{-4}$
5	Суммарный риск		$1,28 \times 10^{-4}$	$7,58 \times 10^{-1}$	$1,08 \times 10^{-2}$

Подтверждением низкой вероятности возникновения негативных эффектов от воздействия всех приоритетных поллютантов питьевой воды служат коэффициенты опасности индивидуальных неканцерогенных рисков (HQ), не превышающие 1,0.

Наибольшие значения коэффициентов опасности установлены в связи с воздействием мышьяка (HQ 0,238), нитратов (HQ 0,04) и свинца (HQ 0,036).

На низкую вероятность проявления негативных изменений в критических органах и системах указывают значения индексов опасности суммарного неканцерогенного риска меньшие 1,0.

Наибольшие значения индексов опасности установлены для токсических веществ, влияющих на сердечно-сосудистую систему (HI 0,299), эндокринную систему (HI 0,286) и центральную нервную систему (HI 0,28).

Значение суммарного органолептического риска от использования питьевой воды рассчитано менее 0,1, приоритетный показатель – мутность.

Потенциальный хронический риск в связи с воздействием приори-

тетных веществ питьевой воды (мышьяк, кадмий, бериллий, свинец, нитраты, барий, марганец, нефтепродукты, медь, стронций, селен, железо, никель и фенол) составляет 0,036, что свидетельствует об отсутствии возникновения неблагоприятных эффектов в состоянии здоровья населения поселка Харп в связи с употреблением питьевой воды.

Мероприятия по улучшению качества питьевой воды

Для исполнения приоритетной задачи – обеспечения населения городов Салехард, Лабытнанги и поселка Харп гарантированно качественной питьевой водой, считаем приоритетными следующие направления:

1) Охрана источников водоснабжения.

Санитарные условия для территории городского водозабора город Салехард оцениваются весьма неблагоприятными из-за несоответствия требованиям СанПиН 2.1.4.027-95 «Зоны санитарной охраны (далее – ЗСО) источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения». На территории 2-го пояса ЗСО водозабора городские сооружения расположены вплотную к кусту эксплуатационных скважин. Ввиду отсутствия организованной ливневой канализации территории талые и ливневые воды скапливаются на территориях ЗСО и влекут за собой возникновение опасности микробного загрязнения подземных вод. Требуется выполнение мероприятий по санитарному благоустройству территории 2-го пояса ЗСО в части организации отвода поверхностного стока.

В связи с этим на городском водозаборе города Салехард (Полуйское месторождение питьевых подземных вод) требуется обеспечение технологических режимов очистки сточных вод, соблюдение зон санитарной охраны водоисточников, предупреждение и ликвидация источников химического и микробного загрязнения подземных и поверхностных водоисточников в организованных водоохраных зонах, нормативное отведение и очистка промышленных и ливневых сточных вод.

Требуется усиление контроля за состоянием гигиенических условий водопользования в гидрологические периоды с наиболее неблагоприятными санитарными условиями водных объектов – весной и осенью.

2) Усовершенствование системы водоснабжения.

Тщательному планированию и реализации подлежат работы по реконструкции, строительству сооружений и сетей системы водоснабжения в городе Лабытнанги. Муниципальным службам города Лабытнанги рекомендуется принять меры по прекращению эксплуатации водозаборов, несоответствующих санитарно-гигиеническим требованиям, учесть в образовательных, лечебно-профилактических учреждениях, предприятиях пищевой промышленности, жилых домах локальное оборудование по доочистке воды.

Актуально запланировать и обеспечить проведение работ в поселке Харп по реконструкции и ремонту водопроводных сетей, восстановлению нарушенной теплоизоляции магистральных сетей, обновлению оборудования насосных станций.

3) Усовершенствование технологии обработки воды.

С целью уменьшения содержания в питьевой воде мышьяка муниципальным службам изученных населенных пунктов предусмотреть применение высокоэффективных методов обеззараживания воды и сорбционные, мембранные технологии водоподготовки.

4) Совершенствование социально-гигиенического мониторинга.

Для установления количественных зависимостей и причинно-следственных связей между микробиологическими, химическими и радиологическими показателями питьевой воды и заболеваемостью жителей Арктики внедрить в практику проведение комплексной оценки риска совместно с биомониторингом населения. Для анализа эффективности санитарно-эпидемиологического надзора за питьевой водой применять ежегодный мониторинг изменений величин различных видов рисков.

Требуется разработка дополнительных оздоровительных мероприятий для населения городов Салехард, Лабытнанги и поселка Харп по снижению воздействия мышьяка, кадмия, бериллия, свинца и шестивалентного хрома, поступающих с питьевой водой.

Заключение

Методология оценки риска позволила выявить угрозы здоровью населения Ямало-Ненецкого автономного округа и скорректировать мероприятия по их устранению. Приоритетным фактором риска на всей изученной территории явилось пероральное поступление мышьяка с питьевой водой. Уровень канцерогенного риска, связанного с ним, является неприемлемым для населения и обязывает к проведению плановых мероприятий по оздоровлению. В дальнейшем требуется конкретизация мер по снижению рисков, которая должна основываться на глубоком анализе гигиенических, экологических, социальных и экономических проблем округа.

Список источников

1. Kolesnikov, R. Ecological state of water bodies and their water protection zones within the boundaries of settlements of the Yamal Peninsula // E3S Web of Conferences, 2021, 265, 02009
2. Pechkina, Y., Shinkaruk, E., Kolesnikov, R., Krasnenko, A., Agbalyan, E. The quality of surface water in Salekhard // E3S Web of Conferences, 2021, 265, 05005

3. Агбальян Е.В., Колесников Р.А., Красненко А.С., Моргун Е.Н., Шинкарук Е.В., Печкин А.С., Локтев Р.И., Ильясов Р.М., Кобелев В.О. Оценка качества природных вод на научных полигонах Ямало-Ненецкого автономного округа (Пуровский, Тазовский, Шурышкарский, Полярно-Уральский) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2019. № 6. – С. 6-23.
4. Shestakova E., Fedorova I., Loktev R., Kolesnikov R., Alexeeva N. Urban water use in the Arctic and its effects on freshwater resources // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. Conference proceedings. 2018. pp. 517-524.
5. Yurkevich N., Saeva O., Yurkevich N., Kolesnikov R., Kuleshova T. Hydrochemical characteristic of the arctic thermocarst lakes (Gydan peninsula, Russian) // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Sofia, 2020. pp. 423-430.
6. Чашин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Одланд Ю.О., Ковшов А.А. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территории активного природопользования в Арктике // Экология человека. 2014. №1. – С. 3-12.
7. Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Балакаева А.В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения арктического региона: обзор литературы // Экология человека. 2020. № 4. – С. 48–55.
8. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 2004.
9. Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З. Анализ риска здоровью населения на современном этапе // Здравоохранение Российской Федерации. 2013. № 2. – С. 20-24.
10. Валеев Т.К., Сулейманов Р.А., Орлов А.А., Бактыбаева З.Б., Рахматуллин Н.Р. Оценка риска здоровью населения, связанного с качеством питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 9 (282). – С. 17-19.
11. Бакиров А.Б., Сулейманов Р.А., Валеев Т.К., Бактыбаева З.Б., Рахматуллин Н.Р., Степанов Е.Г., Давлетнуров Н.Х. Эколого-гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения техногенных территорий республики Башкортостан // Медицина труда и экология человека. 2018. № 3 (15). – С. 5-12.
12. Паспорт региональной программы. Приложение №5 к государственной программе Ямало-Ненецкого автономного округа «Энергоэффективность и развитие энергетики, обеспечение качественными жилищно-коммунальными услугами населения на 2014 - 2024 годы». Постановление Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа от 31.07.2019 № 828-П.

References

1. Kolesnikov, R. Ecological state of water bodies and their water protection zones within the boundaries of settlements of the Yamal Peninsula // E3S Web of Conferences, 2021, 265, 02009
2. Pechkina, Y., Shinkaruk, E., Kolesnikov, R., Krasnenko, A., Agbalyan, E. The quality of surface water in Salekhard // E3S Web of Conferences, 2021, 265, 05005

3. Agbalyan E.V., Kolesnikov R.A., Krasnenko A.S., Morgun E.N., Shinkaruk E.V., Pechkin A.S., Loktev R.I., Ilyasov R.M., Kobelev V.O. Assessment of the quality of natural waters at the research sites of the Yamal-Nenets Autonomous District (Purovsky, Tazovsky, Shuryshkarsky, Polyarno-Uralsky) // Water industry of Russia: problems, technologies, management. 2019. № 6. P. 6-23.
4. Shestakova E., Fedorova I., Loktev R., Kolesnikov R., Alexeeva N. Urban water use in the Arctic and its effects on freshwater resources // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018. Conference proceedings. 2018. pp. 517-524.
5. Yurkevich N., Saeva O., Yurkevich N., Kolesnikov R., Kuleshova T. Hydrochemical characteristic of the arctic thermocarst lakes (Gydan peninsula, Russian) // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Sofia, 2020. pp. 423-430.
6. Chashchin V.P., Gudkov A.B., Popova O.N., Odland Yu.O., Kovshov A.A. Description of main health deterioration risk factors for population living in the territory of active natural management in the Arctic // Human Ecology. 2014. №1. pp. 3-12.
7. Saltykova M.M., Bobrovnikskii I.P., Balakaeva A.V. Air pollution and population health in the Russian Arctic: a literature review // Human Ecology. 2020. 4. pp. 48-55.
8. Guidelines for Assessing Public Health Risks from Exposure to Chemicals Polluting the Environment. Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia; 2004.
9. Zaitseva N.V., May I.V., Shur P.Z. Analysis of the risk to public health at the present stage // Healthcare of the Russian Federation. 2013. №. 2. pp. 20-24.
10. Valeev T.K., Suleymanov R.A., Orlov A.A., Baktybayeva Z.B., Rakhmatullin N.R. Estimation of risk to the health of the population connected with quality of potable water // Public health and habitat. 2016. № 9 (282). pp. 17-19.
11. Bakirov A.B., Suleimanov R.A., Valeev T.K., Baktybaeva Z.B., Rakhmatullin N.R., Stepanov E.G., Davletnurov N.Kh. Ecological and hygienic assessment of carcinogenic risk to the health of the population of technogenic territories of the Republic of Bashkortostan. // Occupational medicine and human ecology. 2018. № 3 (15). pp. 5-12.
12. Regional program passport. Appendix No. 5 to the state program of the Yamal-Nenets Autonomous District "Energy efficiency and energy development, provision of high-quality housing and communal services to the population for 2014 – 2024". Resolution of the Government of the Yamal-Nenets Autonomous District dated July 31, 2019 N 828-P.

Сведения об авторах

Русакова Мария Андреевна, научный сотрудник сектора охраны окружающей среды ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», ответственный исполнитель научно-исследовательской работы «Оценка риска здоровью населения Ямало-Ненецкого автономного округа в связи

с воздействием химических (неблагоприятных) факторов окружающей среды». Область научных интересов: охрана окружающей среды и рациональное природопользование, экология, геоэкология, математическое моделирование.

Колесников Роман Александрович, эколог-практик, специалист в области охраны окружающей среды, кандидат географических наук, заведующий сектором охраны окружающей среды ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики». Является экспертом Национального арктического научно-образовательного консорциума, экспертом ситуационного центра сферы туризма Российского государственного университета туризма и сервиса. Общественный инспектор по охране окружающей среды. Автор и соавтор более 70 научных работ. Область научных интересов: охрана окружающей среды и рациональное природопользование, геоэкология, геохимия, ландшафтоведение, почвоведение и география почв, палеоэкология и экологическое прогнозирование, рекреационное природопользование, экономическая география.

Шинкарук Елена Владимировна, 1977 г.р., окончила Тюменский государственный университет по специальности «биолог» в 2000 году. С 2012 года работает в ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», научный сотрудник. Область научных интересов: биология, цитогенетика, изучение качества поверхностных вод, снежный покров.

Участие авторов

Русакова М.А. – концепция и дизайн исследования, сбор материала и литературных данных, обработка и интерпретация данных, написание текста; Колесников Р.А. – концепция и дизайн исследования, организация комплексных исследований, сбор материала и литературных данных;

Шинкарук Е.В. – сбор материала и литературных данных, обработка и интерпретация результатов.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Information about the authors

Mariya Andreevna Rusakova, researcher of the Environmental Sector of the Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District, responsible performer of the research work “Assessment of the risk to the health of the population of the Yamal-Nenets Autonomous District due to the impact of chemical (unfavorable) environmental factors”. Research interests: environmental protection and rational nature management, ecology, geoecology, mathematical modeling.

Roman Aleksandrovich Kolesnikov, Russian scientist, ecologist-practitioner, specialist in the field of environmental protection, Candidate of Geographic Sciences, head of the Environmental Sector of the Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District. Expert of the National Arctic Scientific and Educational Consortium, expert of the situational center of tourism of the Russian State University of Tourism and Service. Public Environmental Inspector. Author and co-author of over 70 scientific papers. Research interests: environmental protection and rational nature management, geoecology, geochemistry, landscape science, soil science and soil geography, paleoecology and ecological forecasting, recreational nature management, economic geography.

Elena Vladimirovna Shinkaruk, born in 1977, graduated from the Tyumen State University with a degree in biology in 2000. Since 2012, she has been working as a researcher at the Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District. Research interests: biology, cytogenetics, study of surface water quality, snow cover.

Authors Contribution

Rusakova M.A. – concept and design of research, collection of material and literature data, data processing and interpretation, text writing;

Kolesnikov R.A. – concept and design of research, organization of complex research, collection of material and literature data;

Shinkaruk E.V. – collection of material and literature data, processing and interpretation of results.

All co-authors – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Статья поступила в редакцию 18.10.2021г., принята к публикации 02.12.2021 г.

The article was submitted on October 18, 2021, accepted for publication on December 2, 2021.