

Степанян А.А.¹, Исаев Д.С.¹, Ковшов А.А.^{1,2}, Сергеев А.А.³

Гигиеническая оценка качества питьевой воды из поверхностных источников Мурманской области

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия;²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия;³Управление Роспотребнадзора по Мурманской области, 183038, Мурманск, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Мурманская область является одним из промышленно развитых регионов российской Арктики, на качество поверхностных вод которого значительное влияние оказывают климатогеографические особенности, а также объекты горнопромышленного комплекса, что определяет актуальность проведения гигиенического исследования состояния источников водоснабжения городских поселений.

Материалы и методы. Использованы ежегодники ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» «Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России» за 2021–2022 гг.; государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области» за 2021–2023 гг.; результаты лабораторных исследований качества вод поверхностных источников водоснабжения в 2018–2023 гг.; санитарно-эпидемиологические заключения о возможности использования водных объектов для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Исследовали 13 поверхностных водных объектов Мурманской области, используемых в качестве источников водоснабжения в 14 населённых пунктах Мурманской области.

Результаты. Наиболее часто превышения гигиенических нормативов наблюдались по следующим показателям: санитарно-химические — Fe, Ni, Hg, Mn, NH₄, бенз(а)пирен, фенол; обобщённые — ХПК, БПК, перманганатная окисляемость, pH; санитарно-микробиологические — ОКБ, ТКБ, E. coli, колифаги. Определён перечень показателей для включения в программы производственного контроля качества воды поверхностных водоисточников Мурманской области. Установлено, что водоподготовка проводится лишь на 5 из 13 водоисточников области при повсеместном применении обеззараживания. На 11 водоисточниках применяется хлорирование, на 2 — ультрафиолетовое облучение.

Ограничения исследования. Перечень показателей ограничен программами исследований социально-гигиенического мониторинга и УГМС. Точки отбора проб в УГМС соответствуют точкам водозабора не во всех населённых пунктах. Также в рамках данной работы не рассматриваются результаты лабораторных исследований воды перед поступлением в распределительные сети. Кроме того, оценка риска выполнена с учётом неопределённости, связанных с тем, что население употребляет воду после водоподготовки. Оценка риска в данной ситуации имела целью определить приоритетные показатели, которые необходимо дополнительно включать в программы производственного контроля.

Заключение. Надзорным органам рекомендовано обратить внимание на повсеместное превышение гигиенических нормативов по санитарно-микробиологическим показателям в источниках питьевого водоснабжения Мурманской области для предупреждения возникновения вспышек инфекционных болезней с водным путём передачи.

Ключевые слова: питьевая вода; качество воды; безвредность; гигиеническая оценка; поверхностные источники водоснабжения; Мурманская область

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Степанян А.А., Исаев Д.С., Ковшов А.А., Сергеев А.А. Гигиеническая оценка качества питьевой воды из поверхностных источников Мурманской области. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(8): 1056–1064. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-8-1056-1064> <https://elibrary.ru/ieaqhw>

Для корреспонденции: Степанян Алекс Артурович, e-mail: a.stepanian@s-znc.ru

Участие авторов: Степанян А.А. — формирование содержания, статистическая обработка и анализ результатов; Исаев Д.С. — сбор и анализ результатов лабораторных исследований; Ковшов А.А. — концепция и дизайн исследования; Сергеев А.А. — проверка и редактирование текста. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 25.04.2025 / Поступила после доработки: 21.05.2026 / Принята к печати: 26.06.2025 / Опубликовано: 25.09.2025

Aleks A. Stepanyan¹, Daniil S. Isaev¹, Aleksandr A. Kovshov^{1,2}, Aleksandr A. Sergeev³

Hygienic assessment of the quality of the drinking water from surface water sources in the Murmansk region

¹North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation;²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, 191015, Russian Federation;³Office of Rosпотребнадзор in the Murmansk region, Murmansk, 183038, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The Murmansk Region is a highly industrialized region of the Russian Arctic. Therefore, the quality of its surface waters is significantly influenced by both climatic and geographical factors, as well as by mining activities. In light of this, it is an urgent priority to conduct a comprehensive hygienic assessment of the status of water supply sources in the urban areas within the region.

Materials and methods. The yearbooks of the Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikov “The state of atmospheric pollution in Russian cities” for 2021–2022; state reports “On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Murmansk region” for 2021–2023, the results of laboratory studies of the surface water sources quality for 2018–2023; sanitary and epidemiological conclusions on the possibility of using water bodies for drinking and domestic water supply. A study was conducted on 13 surface water bodies in the Murmansk Region, which serve as sources of drinking water for 14 settlements in the region.

Results. The most frequent excess of hygiene standards was observed in the following indicators: sanitary-chemical — Fe, Ni, Hg, Mn, NH_4 , benz(a)pyrene, phenol; generalized including chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD), permanganate oxidizability, pH; sanitary as microbiological — GCB, TCB, *E. coli*, coliphages. A list of indices has been determined for inclusion in the programs of industrial surface water sources quality control in the Murmansk region. The water treatment was determined to be provided only in 5 of the 13 water sources in the region with widespread disinfection. Chlorination is used at 11 of the 13 water sources, and ultraviolet irradiation is used at the other 2 ones.

Limitations. In this research the list of indicators was limited by the research programs of social and hygienic monitoring and UGMS. Sampling points in the UGMS don't correspond to water intake points in all settlements. Also, the results of laboratory tests of water before entering distribution networks aren't considered in this work. In addition, the risk assessment was carried out taking into account the uncertainties associated with the fact that the population uses water after water treatment. The risk assessment in this situation was aimed at identifying priority indicators that need to be included in production control programs.

Conclusions. The supervisory authorities are recommended to pay attention to the widespread excess of hygienic standards for sanitary-microbiological indicators in the Murmansk region's drinking water to prevent outbreaks of infectious diseases with aquatic transmission.

Keywords: drinking water; water quality; harmlessness; hygienic assessment; surface water supply sources; Murmansk region

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

For citation: Stepanyan A.A., Isaev D.S., Kovshov A.A., Sergeev A.A. Hygienic assessment of the quality of the drinking water from surface water sources in the Murmansk region. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2025; 104(8): 1056–1064. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-8-1056-1064> <https://elibrary.ru/ieaqhw> (In Russ.)

For correspondence: Aleks A. Stepanyan, e-mail: a.stepanian@s-znc.ru

Contribution: Stepanyan A.A. — content formation, statistical processing of results and data analysis; Isaev D.S. — accumulation and data analysis; Kovshov A.A. — concept and design of the study; Sergeev A.A. — text verification and editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 25, 2025 / Revised: May 21, 2025 / Accepted: June 26, 2025 / Published: September 25, 2025

Введение

Мурманская область богата водными ресурсами, на её территории расположено множество озёр и рек [1]. Озёрность Кольского полуострова является наибольшей в Российской Федерации (6,3%) [2]. Озёра на территории области расположены сравнительно равномерно, их насчитывается свыше 100 000, из них 99% относятся к малым (площадь зеркала менее 1 км²) [1]. Реки Мурманской области принадлежат к бассейнам Баренцева и Белого морей. Главный водораздел, вытянутый близко к широтному направлению, на западе проходит от выступа государственной границы с Финляндией по ряду горных тундр (Пуйтси, Вайна, Волчы, Ловозерские), на востоке — по возвышенной части Кейвской гряды. Площадь речных бассейнов северного склона водораздела, обращённого к Баренцеву морю, составляет 64 400 км², южного склона (Беломорского) — 80 500 км². Отсюда на север и юг полуострова текут главнейшие реки с преобладающим меридиональным протеканием [3].

Для гидрографической сети области характерно наличие множества малых рек: 95% составляют водотоки длиной менее 10 км. К наиболее крупным речным системам Мурманской области относятся реки Ковда (площадь водосбора — 26 136,4 км²), Тулома (площадь водосбора — 18 231,5 км²), Поной (площадь водосбора — 15 467,2 км²), Нива (площадь водосбора — 13 118,4 км²). Общая протяжённость рек превышает 60 000 км. Густота речной сети всей территории области составляет 0,46 км² [1]. Благодаря такой обширной сети поверхностных водоисточников, питьевое водоснабжение большей части населения Мурманской области построено именно на них. Исключение составляет только город Кировск, водоснабжение которого осуществляется из подземных источников [4].

Химический состав воды в поверхностных водоёмах формируется под влиянием сложного взаимодействия природных и антропогенных факторов. К природным относятся: 1) климатические (температурный режим водоёма, солнечная радиация, интенсивность выпадения осадков, действие ветров); 2) обмен между ионами, содержащимися в воде и породах котловины водоёма, а также обмен между вышеуказанными средами и донными осадками; 3) интенсивность годового стока и химический состав воды, поступающей из водосборного бассейна; 4) характер почв, образующих берега водоёма; 5) влияние жизнедеятельности микро- и макроорганизмов, в частности растительности [5–10]. В Мурманской области среди горных пород, участвующих в формировании качества поверхностных вод, центральное

место принадлежит нефелиновым сиенитам — горным породам, пересыщенным щелочными, летучими и редкими элементами и характеризующимся обилием легкорастворимых минералов: карбонатов, фосфатов, фторидов и др. [11].

Мурманская область относится к промышленно развитым регионам Российской Федерации, поэтому немаловажную роль в формировании качества поверхностных вод играют объекты горнопромышленного комплекса. На территории области добывают и обрабатывают минералы, содержащие алюминий, барий, бериллий, кальций, хром, медь, фтор, железо, калий, магний, натрий, никель, фосфор и селен, которые в результате выбросов в атмосферный воздух или сбросов сточных вод могут попадать в поверхностные водные объекты области [12–15]. Таким образом, мониторинг и гигиеническая оценка качества питьевой воды из поверхностных водоисточников Мурманской области, как и санитарная охрана водоисточников, являются актуальными задачами в рамках обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения [16].

Работа выполняется в рамках Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации¹. Цель исследования — гигиеническая оценка современного состояния системы питьевого водоснабжения города Мурманска и городских поселений Мурманской области. Объект исследования: вода поверхностных источников централизованного водоснабжения города Мурманска и городских поселений Мурманской области.

Материалы и методы

Использованы ежегодники ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» «Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России» за 2021–2022 гг.; государственные доклады «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области» за 2021–2023 гг., результаты лабораторных исследований качества вод поверхностных источников водоснабжения в рамках социально-гигиенического мониторинга (СГМ), проводимого Роспотребнадзором (10 511 исследований), за период 2018–2023 гг.; мониторинга загрязнения окружающей среды, проводимого Управлением Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС) в Мурманской области, за период 2018–2023 гг. (9848 исследований); санитарно-эпидемио-

¹ Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 (пункт 21, подпункт «Ж»).

логические заключения о возможности использования водных объектов в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, размещённые в реестре Роспотребнадзора о соответствии (несоответствии) видов деятельности (работ, услуг) требованиям санитарно-эпидемиологических правил и нормативов (27 заключений).

Воду из всех источников водоснабжения в рамках мониторинга исследовали по следующим показателям.

1. Санитарно-химические: алюминий, аммиак, бенз(а)пирен, бериллий, бор, железо, кадмий, марганец, медь, молибден, мышьяк, никель, нитраты, нитриты, полифосфаты, ртуть, свинец, селен, сульфаты, хлориды, хром, цинк, кальций, магний, калий, натрий, фториды, формальдегид, фенол.

2. Обобщённые: БПК, ХПК, взвешенные вещества, нефтепродукты, ПАВ, перманганатная окисляемость, растворённый кислород, pH, сухой остаток.

3. Органолептические: запах, мутность, цветность.

4. Санитарно-микробиологические и паразитологические: *E. coli*, колифаги, ОКБ, ОМЧ, ТКБ, энтерококки, жизнеспособные яйца гельминтов и цисты патогенных кишечных простейших, онкосферы тениид (ЖЯГ и ЦПКП, ОТ).

5. Радиологические: удельная суммарная альфа-активность, удельная суммарная бета-активность.

Статистический анализ выполняли с помощью Microsoft Office Excel 2013 и программы Statistica v. 12: определяли тип распределения данных, рассчитывали минимальное значение, первый и третий квартили, медиану и максимальное значение анализируемых показателей. Для сравнительного анализа отобраны максимальные и медианные значения показателей в связи с наличием в большинстве выборок распределения, отличающегося от нормального.

При гигиенической оценке качества воды поверхностных источников водоснабжения Мурманска и городских поселений Мурманской области проводили оценку риска для здоровья населения в соответствии с действующим Руководством². Выполняли расчёт канцерогенного риска, коэффициентов опасности для хронического неканцерогенного риска. При расчёте риска для здоровья выбирали медианные значения всех исследованных показателей в рамках СГМ, для которых установлены референтная доза и фактор канцерогенного потенциала. Выполняли расчёт популяционного риска с ранжированием по населённым пунктам.

В настоящей работе исследовали 13 водных объектов Мурманской области (озёра Большое, Имандра, Лучломполо, Мончезеро, Пало-Ярви, Пермус, Сычуль и реки Вирма, Ёна, Кола, Нива, Умба, а также Нижнетуломское водохранилище), используемых в качестве источников водоснабжения в 14 населённых пунктах, среди которых 8 городов (Мурманск, Кандалакша, Кола, Апатиты, Ковдор, Мончегорск, Оленегорск, Заполярный) и 5 посёлков городского типа (Мурмаши, Молочный, Ревда, Умба, Никель). Дополнительно исследовано одно сельское поселение — Ловозеро. Выбор населённых пунктов основан на трёх критериях: административные центры муниципальных образований; использование в целях питьевого водоснабжения исключительно поверхностных водоисточников, большая численность проживающего населения (относительно иных населённых пунктов в Мурманской области). Численность постоянного населения определена согласно базе данных на сайте Росстата (<https://rosstat.gov.ru/munstat>) в разрезе муниципальных образований на 1 января 2024 г.

Результаты

Представлены основные характеристики изученных источников водоснабжения.

1) Озеро Большое является источником питьевого водоснабжения Мурманска. От насосной станции первого подъёма вода по двум ниткам водоводов подаётся на насо-

ную станцию второго подъёма, затем в резервуар чистой воды (РЧВ) и далее в распределительную сеть города. Водоподготовка состоит из обеззараживания воды жидким хлором. Численность населения Мурманска — 266 681 человек.

2) Озеро Имандра является источником водоснабжения г. Апатиты. После прохождения воды через блок скорых фильтров проводится первичное хлорирование гипохлоритом натрия, затем вода поступает в РЧВ № 1 или № 2 ёмкостью 10 000 м³ каждый. В работе постоянно находится один резервуар. В РЧВ происходит вторичное хлорирование гипохлоритом натрия очищенной на скорых фильтрах воды, а также ультрафиолетовое облучение. Численность населения Апатитов — 48 262 человека.

3) Озеро Пало-Ярви является источником водоснабжения г. Заполярный. Обеззараживание воды перед подачей в сети водоснабжения осуществляется раствором гипохлорита натрия. Приготовление гипохлорита натрия проводится электролизом поваренной соли в электролизёре, установленном в здании насосной станции. Численность населения Заполярного — 13 948 человек.

4) Озеро Пермус является источником водоснабжения города Оленегорска и посёлка Высокий. От насосной станции 1-го подъёма вода поступает по двум водоводам диаметром 600 мм на городские водоочистные сооружения, которые расположены в 7 км от насосной станции 1-го подъёма. Обеззараживание воды осуществляется жидким хлором. Численность населения Оленегорска — 20 695 человек.

5) Мончезеро является источником водоснабжения Мончегорска. Водоочистные сооружения отсутствуют. В резервуарах происходит процесс обеззараживания воды хлорирующим агентом, производимым электролизной установкой. Перекачка обеззараженной воды потребителям осуществляется насосной станцией второго подъёма. Численность населения Мончегорска — 39 203 человека.

6) Озеро Сычуль является источником централизованного водоснабжения пгт Ревда. Смешение раствора гипохлорита натрия с водой, забираемой из озера Сычуль, осуществляется на узлах ввода хлора, врезанных во всасывающие линии насосных агрегатов. Контактным резервуаром для взаимодействия хлора и воды служит магистральный водовод от насосной станции 1-го подъёма до пгт Ревда. Численность населения пгт Ревда — 6443 человека.

7) Озеро Лучломполо является источником водоснабжения п. Никель. Очистные сооружения отсутствуют. Обеззараживание воды осуществляется при помощи ультрафиолетового облучения шестью установками УОВ-150 ДМ производительностью 150 м³/ч. Численность населения п. Никель — 9210 человек.

8) Нижнетуломское водохранилище является источником водоснабжения Мурманска и п. Мурмаши. Исходная вода подаётся в смеситель коридорного типа, перед поступлением в который в неё добавляют коагулянт, а затем флокулянт. Далее вода поступает в контактные осветлители, где проходит через слой загрузки. На сооружениях водоподготовки установлены 20 контактных осветлителей общей площадью 900 м². После осветления вода подаётся на обеззараживание. Обеззараживание происходит по двухступенчатой схеме с помощью с хлораторов. Вода, прошедшая подготовку и обеззараживание, далее поступает в РЧВ, расположенные на территории очистных сооружений. Подача готовой воды в посёлок Мурмаши осуществляется самотёком, а потребителям Мурманска вода подаётся с помощью насосной станции 2-го подъёма. Численность населения п. Мурмаши — 9303 человека.

9) Река Нива является источником водоснабжения г. Кандалакша. Вода поступает из реки в береговой колодец по двум напорным водоводам. Далее из берегового колодца по двум самотёчным водоводам подаётся на насосную станцию 2-го подъёма. Водоподготовка состоит из обеззараживания воды жидким хлором или раствором гипохлорита натрия. Численность населения Кандалакши — 27 986 человек.

10) Река Кола является источником водоснабжения городов Мурманск и Кола, а также посёлков Зверосовхоз

² Р 2.1.10.3968—23 Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания.

Таблица 1 / Table 1

Показатели качества воды поверхностных источников питьевого водоснабжения в Мурманской области, превышавшие гигиенические нормативы

The list of water quality indicators exceeding hygienic standards in surface sources of drinking water supply in the Murmansk region

Водный объект Water body	Показатели (медиана / максимум) / Indicators (median / maximum)		
	Санитарно-химические Sanitary-chemical	Обобщённые Generalized	Санитарно-микробиологические и паразитологические Sanitary-microbiological and parasitological
Единицы измерения Units of measure	Все показатели – мг/л All indicators – mg/L	pH – единицы pH pH units ПО – мг-О ₂ /л mg-O ₂ /L Нефтепродукты – мг/л Oil products – mg/L	<i>E. coli</i> – КОЕ/100 мл CFU/100 ml ТКБ – КОЕ/100 мл <i>Thermotolerant coliform bacteria</i> (TCB) – CFU/100 mL ОКБ – КОЕ/100 мл <i>General coliform bacteria</i> (GCB) – CFU/100 mL Колифаги, энтерококки – БОЕ/100 мл Coliphages, Enterococcus – PFU/100 mL
Озеро Большое Bolshoe Lake	Al (0.05555/ 0.21) NH ₄ (0.215/ 12.56) Fe (0.1/ 0.45)	БПК (0.5/ 6.1) ХПК (13.2/ 25.5) pH (7.195/ 9.21) ПО (7.04 /33.8) Нефтепродукты / Petroleum products (0.024/ 1.23)	<i>E. coli</i> (30/36) ОКБ / GCB (15/11000) ТКБ / TCB (15/2400) Колифаги / Coliphages (0/5) Энтерококки / Enterococcus (30/30)
Озеро Имандра Imandra Lake	—	ХПК (9.8/ 37.7) pH (7.735/ 9.05)	ОКБ / GCB (0.6/193.4) ТКБ / TCB (0.6/14.6) Колифаги / Coliphages (0/2)
Озеро Пало-Ярви Palo-Yarvi Lake	Fe (0.13/ 0.4) Ni (0.058/0.24) Фенол / Phenol (0.005/0.005)	БПК (0.65/ 9.5) ХПК (9.9/ 21.6)	<i>E. coli</i> (30/30) ОКБ / GCB (0/ 30) ТКБ / TCB (0/5)
Озеро Пермус Permuss Lake	Бенз(а)пирен / Benzo[a]pyrene (0.000005/ 0.0005) Ni (0.0025/ 0.0341)	ХПК (17.1/32.2)	ОКБ / GCB (0/ 500) ТКБ / TCB (0/ 500)
Мончеозеро Monche Lake	Cu (0.0083/ 6.8) Ni (0.0116/ 15.74)	БПК (0.5/ 2.08) ХПК (9.5/ 21.1)	ОКБ / GCB (0/ 30) ТКБ / TCB (0/ 30)
Озеро Сычуль Szechul Lake	Бенз(а)пирен / Benzo[a]pyrene (0.0005/0.005)	БПК (1.84/ 2.04)	ОКБ / GCB (0/ 60) ТКБ / TCB (0/ 60)
Озеро Лучломполо Luchlompolo Lake	Ni (0.1094/0.28)	БПК (0.5/ 9.8) ХПК (6.8/ 16.7)	<i>E. coli</i> (30/30) ОКБ / GCB (0/ 30) ТКБ / TCB (0/1)
Нижнетуломское водохранилище Nizhnetulomsky reservoir	—	ПО (4.775/ 6.68)	<i>E. coli</i> (30/30) ОКБ / GCB (15/90) ТКБ / TCB (15/90)
Река Нива Niva river	F (0.23/ 6.17)	ХПК (10.6/ 35.8)	<i>E. coli</i> (23/23) ОКБ / GCB (5/2400) ТКБ / TCB (5/320) Колифаги / Coliphages (0/16)
Река Кола Kola river	Fe (0.17/ 0.6) Ni (0.0025/ 0.03)	БПК (0.5/ 3.5) ХПК (13.25/ 30.5) pH (7.02/ 13.6) ПО(4.9/ 29.4)	<i>E. coli</i> (30/930) ОКБ / GCB (15/4600) ТКБ / TCB (15/4600)
Река Умба Umba river	Fe (0.1095/ 0.34) Mn (0.0203/ 0.203)	БПК (0.5/ 2.78) ХПК (13.4/ 21)	<i>E. coli</i> (17.5/30) ОКБ / GCB (5/2400) ТКБ / TCB (5/62) Колифаги / Coliphages (0/16)
Река Вирма Vyrma river	Бенз(а)пирен / Benzo[a]pyrene (0.0005/0.0005) Fe (0.351/1.7) Mn (0.023/1.4737) Pb (0.001/ 0.0126) F (0.095/ 6.52)	БПК (1.16/ 2.81) ХПК (18.5/31)	ОКБ / GCB (0/ 200) ТКБ / TCB (0/ 200)
Река Ёна Yona river	NH ₄ (0.0109/ 22) Fe (0.15/ 0.93) F (0.095/ 6.39) Mn (0.0105/ 0.19156)	ХПК (14.6/ 34.2)	ОКБ / GCB (0/ 49) ТКБ / TCB (0/ 49)

Примечание. В скобках указаны медианные и максимальные значения показателей; показатели, не соответствующие нормативам, выделены полужирным шрифтом; ПО – перманганатная окисляемость; БПК – биологическое потребление кислорода; ХПК – химическое потребление кислорода; КОЕ – колониеобразующая единица; БОЕ – бляшкообразующая единица.

Note: median and maximum values of indicators are given in brackets; indicators that do not meet the standards are highlighted in bold; ПО – permanganate oxidizability; БПК – biological oxygen demand; ХПК – chemical oxygen demand; CFU – colony-forming unit; БОЕ – plaque-forming unit.

Таблица 2 / Table 2

Результаты оценки риска для здоровья населения Мурманской области при потреблении воды из изученных источников питьевого водоснабжения

The results of Murmansk region population's health risk assessment consuming water of the studied sources of drinking water supply

Водный объект Water body	CAS	Вещество Substance	RfD, мг/кг/сут mg/kg/day	Sfo, (мг/кг/сут) ⁻¹ (mg/kg-day) ⁻¹	Средние концентрации, мг/л Mean concentrarion, mg/L	HQ	CR
Озеро Большое Bolshoe Lake	7782-49-2	Se	0.005	—	0.0036	0.01973	—
	14797-55-8	Нитраты / Nitrates	1.6	—	0.52	0.00890	—
	7440-43-9	Cd	0.0005	0.38	0.00005	0.00274	2.23E-07
	7439-92-1	Pb	—	0.0085	0.001	—	9.98E-08
	Суммарный канцерогенный риск / Total carcinogenic risk 2.23E-07						
	Популяционный риск (ранг) / Population risk (rank) 0.06 (2)						
Озеро Имандра Lake Imandra	8018-01-7	Mn	0.024	—	0.01	0.01142	—
	14797-55-8	Нитраты / Nitrates	1.6	—	0.57	0.00976	—
	7440-43-9	Cd	0.0005	0.38	0.000175	0.00959	7.81E-07
	50-32-8	Бенз(а)пирен / Benzo[a]pyrene	0.0003	1	5.00E-07	4.57E-05	5.87E-09
	7439-92-1	Pb	—	0.0085	0.001	—	9.98E-08
	Суммарный канцерогенный риск / Total carcinogenic risk 8.07E-07						
Популяционный риск (ранг) / Population risk (rank) 0.038 (4)							
Озеро Пало-Ярви Lake Palo-Yarvi	7440-02-0	Ni	0.02	—	0.11	0.15068	—
	8018-01-7	Mn	0.024	—	0.024	0.02739	—
	7440-43-9	Cd	0.0005	0.38	0.0003	0.01644	1.34E-06
	7439-92-1	Pb	—	0.0085	0.0003	—	2.99E-08
	Суммарный канцерогенный риск / Total carcinogenic risk 1.37E-06						
Популяционный риск (ранг) / Population risk (rank) 0.019 (5)							
Озеро Пермус Lake Permus	7439-97-6	Hg	0.00016	—	0.00014	0.02397	—
	8018-01-7	Mn	0.024	—	0.0159	0.01815	—
	7440-43-9	Cd	0.0005	0.38	0.0003	0.00547	4.46E-07
	50-32-8	Бенз(а)пирен / Benzo[a]pyrene	0.0003	1	0.000005	0.00046	5.87E-08
	7439-92-1	Pb	—	0.0085	0.00029	—	2.89E-08
	Суммарный канцерогенный риск / Total carcinogenic risk 5.34E-07						
Популяционный риск (ранг) / Population risk (rank) 0.011 (9)							
Мончеозеро Monche Lake	7439-97-6	Hg	0.00016	—	0.00018	0.030822	—
	7440-43-9	Cd	0.0005	0.38	0.00025	0.013698	1.11E-06
	50-32-8	Бенз(а)пирен / Benzo[a]pyrene	0.0003	1	0.00025	0.022849	2.94E-06
	7439-92-1	Pb	—	0.0085	0.001	—	9.98E-08
	Суммарный канцерогенный риск / Total carcinogenic risk 4.10E-06						
Популяционный риск (ранг) / Population risk (rank) 0.016 (6)							
Озеро Сычкуль Lake Szechul	8018-01-7	Mn	0.024	—	0.031	0.035388	—
	50-32-8	Бенз(а)пирен / Benzo[a]pyrene	0.0003	1	0.0005	0.045662	5.87E-06
	7440-43-9	Cd	0.0005	0.38	0.00025	0.013698	1.11E-06
	7439-92-1	Pb	—	0.0085	0.0005	—	4.99E-08
	Суммарный канцерогенный риск / Total carcinogenic risk 1.95E-04						
Популяционный риск (ранг) / Population risk (rank) 0.0073 (10)							
Озеро Лучломполо Lake Luchlompolo	7440-02-0	Ni	0.02	—	0.116	0.158904	—
	7439-97-6	Hg	0.00016	—	0.00015	0.025685	—
	7440-43-9	Cd	0.0005	0.38	0.0003	0.016438	1.34E-06
	7439-92-1	Pb	—	0.0085	0.0003	—	2.99E-08
	Суммарный канцерогенный риск / Total carcinogenic risk 1.37E-06						
Популяционный риск (ранг) / Population risk (rank) 0.013 (8)							

Окончание Таблицы 2 на стр. 1061 / The end of Table 2 on page 1061

Окончание Таблицы 2. Начало на стр. 1060 / The end of Table 2. The beginning is on page 1060

Водный объект Water body	CAS	Вещество Substance	RfD, мг/кг/сут mg/kg/day	Sfo, (мг/кг/сут) ⁻¹ (mg/kg-day) ⁻¹	Средние концентрации, мг/л Mean concentrarion, mg/L	HQ	CR
Нижнетуломское водохранилище Nizhnnetulomsky reservoir	8018-01-7	Mn	0.024	—	0.025	0.02854	—
	14797-55-8	Нитраты / Nitrates	1.6	—	0.46	0.00787	—
	7440-43-9	Cd	0.0005	0.38	0.00005	0.00274	2.23E-07
	7439-92-1	Pb	—	0.0085	0.0005	—	4.98E-08
	Суммарный канцерогенный риск / Total carcinogenic risk 2.73E-07						
	Популяционный риск (ранг) / Population risk (rank) 0.0025 (13)						
Река Нива Niva river	50-32-8	Бенз(а)пирен / Benzo[a]pyrene	0.0003	1	5.00E-04	0.0456621	5.87E-06
	Суммарный канцерогенный риск / Total carcinogenic risk 5.87E-06						
	Популяционный риск (ранг) / Population risk (rank) 0.16 (1)						
Река Кола Kola river	7440-50-8	Cu	0.04	—	0.05	0.03425	—
	7440-43-9	Cd	0.0005	0.38	0.00005	0.00274	2.42E-07
	7439-92-1	Pb	—	0.0085	0.00135	—	1.35E-08
	Суммарный канцерогенный риск / Total carcinogenic risk 3.58E-07						
Популяционный риск (ранг) / Population risk (rank) 0.0047 (11)							
Река Умба Umba river	14797-55-8	Нитраты / Nitrates	1.6	—	0.49	0.008390	—
	50-32-8	Бенз(а)пирен / Benzo[a]pyrene	0.0003	1	0.0011	0.100457	1.29E-05
	7440-43-9	Cd	0.0005	0.38	0.0001	0.00548	4.46E-07
	7439-92-1	Pb	—	0.0085	0.0002	—	2.00E-08
	Суммарный канцерогенный риск / Total carcinogenic risk 1.33E-05						
Популяционный риск (ранг) / Population risk (rank) 0.054 (3)							
Река Вирма Vyrma river	50-32-8	Бенз(а)пирен / Benzo[a]pyrene	0.0003	1	0.0005	0.045662	5.87E-06
	7440-43-9	Cd	0.0005	0.38	0.00025	0.013698	1.11E-06
	7439-92-1	Pb	—	0.0085	0.00025	—	2.25E-08
	Суммарный канцерогенный риск / Total carcinogenic risk 7.01E-06						
Популяционный риск (ранг) / Population risk (rank) 0.016 (6)							
Река Ёна Yona river	7440-43-9	Cd	0.0005	0.38	0.00005	0.00274	2.23E-07
	Популяционный риск (ранг) / Population risk (rank) 0.0035 (12)						

Примечание. CAS (Chemical Abstracts Service) — уникальный численный идентификатор веществ, внесённых в реестр химической реферативной службы; RfD (Reference Dose) — референтная доза; Sfo (Oral Slope Factor) — фактор канцерогенного потенциала; Ccp (Mean Concentration) — средняя концентрация; HQ (Hazard Quotient) — коэффициент опасности; CR (Carcinogenic Risk) — канцерогенный риск.

Note: CAS (Chemical Abstracts Service) is a unique numerical identifier for substances listed in the Chemical Abstracts Service registry; RfD (Reference Dose) is a reference dose; Sfo (Oral Slope Factor) is a factor of carcinogenic potential; Ccp (Mean Concentration) is an average concentration; HQ (Hazard Quotient) is a hazard quotient; CR (Carcinogenic Risk) is a carcinogenic risk.

и Кильдинстрой. Водопроводные очистные сооружения (Южные водопроводные очистные сооружения) на р. Коле расположены в пгт Молочный. Водоподготовка осуществляется по следующей схеме: входные камеры с барабанными сетками; смесители дырчатого типа в каждом блоке входных камер; контактные осветлители (20 шт.); 3 резервуара чистой воды. Обеззараживание осуществляется с помощью жидкого хлора. Численность населения Колы — 8854 человека, городского поселения Кильдинстрой — 4253 человека.

11) Река Умба является источником водоснабжения пгт Умба. Очистные сооружения в системе водоподготовки отсутствуют. Поступающая в распределительную сеть вода обеззараживается жидким хлором. Численность населения пгт Умба — 4063 человека.

12) Река Вирма является основным источником водоснабжения посёлка Ловозеро. Существующая схема обработки воды включает в себя коагулирование и фильтрование воды. Обеззараживание питьевой воды производится жидким хлором. Численность населения п. Ловозеро — 2327 человек.

13) Река Ёна является источником водоснабжения г. Ковдор. В состав водозаборных сооружений входят водозабор и насосная станция 1-го подъёма, водовод длиной 17,5 км, водоочистные сооружения, РЧВ и насосная станция 2-го подъёма, водоводы и водопроводная сеть. Для обеззараживания питьевой воды на очистных станциях используют гипохлорит натрия. Численность населения Ковдора — 15 489 человек.

В результате статистических расчётов определены показатели качества воды поверхностных источников питьевого водоснабжения в Мурманской области, превышавшие гигиенические нормативы (табл. 1).

Как видно из таблицы, наиболее распространёнными загрязнителями поверхностных вод в Мурманской области являются: Fe — превышение ПДК в 6 водоисточниках, Ni — в пяти, Hg и бенз(а)пирен — в четырёх, Mn — в трёх. Превышения ПДК NH₄ и фенола выявлены в двух водоисточниках. Превышения As, Al, Cu, F и Pb обнаружены однократно в разных водоисточниках. Из обобщённых показателей в 11 водоисточниках выявлены превышения ХПК, в восьми —

Таблица 3 / Table 3

Показатели качества воды поверхностных источников централизованного водоснабжения, по которым следует рассмотреть возможность выполнения расширенных исследований при формировании программ производственного контроля

Indicators of the water quality from surface sources of centralized water supply should be considered for extended studies when forming production control programs.

Водный объект Water body	Показатель / Indicator		
	Санитарно-химические Sanitary-chemical	Обобщённые Generalized	Санитарно-микробиологические и паразитологические Sanitary-microbiological and parasitological
Озеро Большое Bolshoe Lake	Al, As, Be, B, Cd, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, NH ₄ , NO ₃ , Pb, Se	БПК, нефтепродукты/ Petroleum products, ПО, pH, ХПК	<i>E. coli</i> , ОКБ, колифаги / coliphages, энтерококки / enterococcus
Озеро Имандра Imandra Lake	As, Cd, Cr, Mn, Na, Ni, Pb, F, бенз(а)пирен / benz[a]pyrene, формальдегид / formaldehyde	pH, ХПК	Колифаги / coliphages, ОКБ
Озеро Пало-Ярви Palo-Yarvi Lake	As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, фенол / phenol	БПК, ХПК	<i>E. coli</i> , ОКБ
Озеро Пермус Permus Lake	As, Cd, Hg, Mn, Ni, бенз(а)пирен / benz[a]pyrene	ХПК	ОКБ
Озеро Сычуль Szechul Lake	As, Cd, Cr, Fe, Mn, NH ₄ , Ni, бенз(а)пирен / benz[a]pyrene, фенол / phenol	БПК	ОКБ
Озеро Лучломполо Luchlompolo Lake	As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb	БПК, ХПК	<i>E. coli</i> , ОКБ
Мончезеро Monche Lake	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, бенз(а)пирен / benz[a]pyrene	БПК, ХПК	ОКБ
Нижнетуломское водохранилище Nizhnetulomsky reservoir	Al, As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb	ПО	<i>E. coli</i> , ОКБ
Река Нива Niva river	Al, Cr, F, Mn, Ni, Pb, бенз(а)пирен / benz[a]pyrene	ХПК	<i>E. coli</i> , колифаги / coliphages, ОКБ
Река Кола Kola river	Al, As, Cd, Cr, Fe, Mn, Ni, NO ₂ ⁻ , Pb, фенол / phenol	pH, БПК, ПО	<i>E. coli</i> , ОКБ
Река Ёна / Yona river	F, Fe, Mn, Na, NH ₄ , Ni, NO ₂ ⁻ , Pb	ХПК	ОКБ
Река Умба Umba river	As, Cd, Cr, F, Fe, Mn, NH ₄ , Ni, NO ₂ ⁻ , бенз(а)пирен / benz[a]pyrene	БПК, ХПК	Колифаги / coliphages, ОКБ
Река Вирма Vyрма river	Al, As, Cd, Cr, F, Fe, Hg, Mn, NH ₄ , Ni, Pb, бенз(а)пирен / benz[a]pyrene, фенол / phenol	БПК, ХПК	ОКБ

Примечание. ПО — перманганатная окисляемость; БПК — биологическое потребление кислорода; ХПК — химическое потребление кислорода.

Note: ПО — permanganate oxidizability; БПК — Biological Oxygen Consumption; ХПК — Chemical Oxygen Consumption; ТКБ — Thermotolerant coliform bacteria; ОКБ — General coliform bacteria.

БПК, в трёх — перманганатной окисляемости. Также вода трёх источников не соответствовала гигиеническим нормативам по pH (значения выше 9,0).

Наиболее сложная ситуация складывается с качеством поверхностных вод по санитарно-микробиологическим показателям. Во всех 13 водных объектах выявлены превышения ОКБ и ТКБ, в семи водоисточниках — превышение допустимого содержания *E. coli*, в четырёх — колифагов и в одном — энтерококков.

В табл. 2 представлены результаты оценки риска для здоровья населения Мурманской области, употребляющего воду из изученных источников питьевого водоснабжения, по приоритетным химическим веществам с наибольшими значениями коэффициентов опасности, а также обладающим канцерогенным действием.

Концентрации большинства веществ в изученных водоисточниках соответствуют минимальному неканцерогенному риску в пересчёте на дозу вещества при пероральном поступлении за исключением никеля в озерах Пало-Ярви и Лучломполо, а также бенз(а)пирена в озере Сычуль для которых определен допустимый уровень риска.

Суммарный канцерогенный риск во всех водоисточниках, за исключением озера Сычуль, определён как допустимый или минимальный и формируется преимущественно за

счёт концентраций бенз(а)пирена и кадмия. В озере Сычуль определен настораживающий суммарный канцерогенный риск с наибольшим вкладом бенз(а)пирена.

По результатам расчёта популяционного риска наибольшие значения определены в г. Кандалакша (0,16), г. Мурманск (0,06), пгт. Умба (0,054).

В соответствии с полученными результатами разработаны перечни показателей (табл. 3), по которым рекомендуется рассмотреть возможность включать в программы расширенных лабораторных исследований при формировании программ производственного контроля качества воды из поверхностных источников водоснабжения Мурманской области. Это вещества, значения которых превышают установленные ПДК, а также вещества 1–2-го классов опасности, концентрации которых превышают 0,1 ПДК, и вещества 3–4-го классов опасности, нормируемые по санитарно-токсикологическому признаку вредности, концентрации которых превышают 0,5 ПДК³.

³ СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организаций и проведению санитарно-противоэпидемиологических (профилактических) мероприятий» (приложение 2, п. 8).

Обсуждение

Из расчётов оценки риска здоровью населения исключены результаты исследований мышьяка и хрома. Оценка риска содержания мышьяка в питьевой воде в настоящий момент особенно актуальна, так как даже современные аналитические методы не достигают значения 0,5 RfD для As в соответствии с п. 5.5.2.2 Руководства² [17–19]. RfD мышьяка, согласно действующему Руководству, составляет 0,0000035 мг/кг/сут, и если проводить оценку риска из расчёта 0,25 ПДК (половина нижнего предела количественного определения мышьяка используемых в большинстве случаев методик), то доза составит 0,000068 мг/кг/сут (превышение RfD в 19,6 раза). Следовательно, минимальная требуемая чувствительность методик количественного определения мышьяка, соответствующая 0,5 HQ, должна составлять 0,000064 мг/л.

Как и при неканцерогенном риске, исключение мышьяка из расчёта суммарного канцерогенного риска допустимо. Более сложно определить возможность исключения хрома, так как его концентрации, как правило, находились выше предела количественного определения. С другой стороны, в период с 2018 по 2023 г. за редким исключением выполнялся отбор лишь одной-двух проб питьевой воды для определения Cr, и это не позволяет сделать однозначный вывод о том, что хром является характерным загрязняющим веществом в исследованных источниках водоснабжения. Кроме того, фактор канцерогенного потенциала в Руководстве² представлен для хрома (VI) и его соединений, в то время как в воде определялся хром общий. Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды не проводило исследований для определения содержания хрома в водных объектах, а результаты анализа питьевой воды распределительной сети населённых пунктов Мурманской области, выполненные в 2013 г. [20], свидетельствуют о концентрациях Cr на уровне 0,0001–0,00017 мг/м³, что соответствует минимальному канцерогенному и неканцерогенному рискам. Таким образом, с учётом всех неопределённостей представляется возможным исключить мышьяк и хром из оценки риска и признать величину канцерогенного риска соответствующей допустимым значениям.

Более существенной гигиенической проблемой является безопасность источников водоснабжения, поскольку выявлена достаточно высокая доля неудовлетворительных по санитарно-микробиологическим показателям проб, что требует применения адекватных методов и режимов обеззараживания. Отмечаются также частые выпадающие результаты, «статистические выбросы», которые в целом не поддаются оценке. Кроме того, с учётом превышения таких показателей, как ХПК, БПК и перманганатная окисляемость, а также

применения хлорирования в качестве обеззараживающего агента целесообразно рассмотреть возможность включения общего органического углерода в программы производственного контроля источников водоснабжения [21].

Заключение

Наиболее часто превышение гигиенических нормативов в поверхностных водных объектах Мурманской области отмечалось по следующим показателям: санитарно-химические (Fe, Ni, Mn, NH₄, бенз(а)пирен, фенол); обобщённые (ХПК, БПК, перманганатная окисляемость), pH; санитарно-микробиологические (ОКБ, ТКБ, *E. coli*, колифаги). Сооружения водоподготовки имеются лишь на пяти водных источниках Мурманской области: оз. Имандра, Нижнетуломское водохранилище, реки Кола, Ёна и Вирма. На озёрах Большое, Пало-Ярви, Пермус, Мончеозеро, Сычуль, Лучломполо, реках Нива и Умба водоподготовка не проводится.

Концентрации большинства веществ в изученных водных источниках соответствуют минимальному неканцерогенному риску в пересчёте на дозу вещества при пероральном поступлении, за исключением никеля в озёрах Пало-Ярви и Лучломполо, а также бенз(а)пирена в озере Сычуль, для которых определен допустимый уровень риска.

Суммарный канцерогенный риск во всех водоисточниках, за исключением озера Сычуль, определён как допустимый или минимальный и формируется преимущественно за счёт концентраций бенз(а)пирена и кадмия. В озере Сычуль определён настораживающий суммарный канцерогенный риск с наибольшим вкладом бенз(а)пирена.

Из расчётов риска для здоровья исключены результаты исследований мышьяка и хрома, которые не соответствовали положениям Руководства², предъявляемым к количественной характеристике экспозиции, в связи с чем мышьяк и хром были исключены из анализа. В таком случае, как неканцерогенный, так и канцерогенный риски для здоровья населения Мурманской области при употреблении питьевой воды из поверхностных водоисточников соответствуют допустимому уровню. Для включения мышьяка и хрома в оценку риска необходимо выполнять исследования их концентраций в питьевой воде с достаточной частотой и более чувствительными методами (в соответствии с разделом 5.5.2 Руководства²).

Надзорным органам рекомендуется обратить внимание на повсеместное превышение гигиенических нормативов безопасности питьевой воды по санитарно-микробиологическим показателям в источниках питьевого водоснабжения Мурманской области для предупреждения возникновения вспышек инфекционных болезней с водным путём передачи.

Литература

1. Природа Мурманской области. Красная книга Мурманской области. Доступно: <https://portal.kgic.ru/redbook/?q=nature>
2. Даувальтер В.А., Кашулин Н.А. *Геоэкология озёр Мурманской области. Часть 1. Водоемы и их характеристики*. Мурманск; 2014. <https://elibrary.ru/ujyalf>
3. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2022 году. Available at: <https://gov-murmman.ru/region/environmentstate/>
4. Мазухина С.И., Пожиленко В.И., Маслובоев В.А., Сандимиров С.С., Горбачева Т.Т., Дрогобузская С.В. и др. Формирование химического состава подземных вод в южном Прихилинине на примере водозабора «Предгорный». *Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета*. 2018; 21(1): 88–98. <https://elibrary.ru/yxhuwa>
5. Даувальтер В.А., Кашулин Н.А. *Геоэкология озёр Мурманской области. Часть 2. Гидрохимия водоемов*. Мурманск; 2014.
6. Романова Т.И., Самарин В.А. Особенности химического состава поверхностных вод и донных отложений рек и озёр ХМАО — Югры. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019; (12–1): 154–63. <https://elibrary.ru/mxiscb>
7. Агбалян Е.В., Шинкарук Е.В. Химический состав вод малых озёр нефтегазодобывающих районов севера Западной Сибири. *Успехи современного естествознания*. 2019; (7): 45–51. <https://doi.org/10.17513/use.37158>
8. Пузанов А.В., Бабошкина С.В., Двуреченская С.Я., Рождественская Т.А., Балькин С.Н., Балькин Д.Н. и др. Биогеохимическая обстановка водосборных бассейнов как один из основных факторов формирования микрорезультного состава поверхностных вод притоков Телецкого озера. В кн.: *Изучение водных и наземных экосистем: история и современность. Тезисы докладов Международной научной конференции, посвященной 150-летию Севастопольской биологической станции — Института биологии южных морей имени А.О. Ковалевского и 45-летию ИИС «Профессор Водяницкий»*. Севастополь; 2021: 308–9. <https://elibrary.ru/ffwwgy>
9. Шабанова С.Г., Курбанова З.А., Магомедова М.Р. Формирование химического состава поверхностных вод бассейна реки Самур. Техносферная безопасность. В кн.: Месробиан Н.Х., ред. *Современные реалии: Сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции*. Махачкала; 2020: 59–62. <https://elibrary.ru/ljqfev>
10. Кравченко В.В. Водообмен на малых речных водосборах с суровыми климатическими условиями в холодный период года. *География и природные ресурсы*. 2020; (3): 146–54. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-3\(146-154\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-3(146-154)) <https://elibrary.ru/jldkfe>
11. Базова М.М. Металлы и металлоиды в природных водах Кольского Севера и их экологическая опасность. *Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование*. 2013; (12): 189–98. <https://elibrary.ru/sephfp>
12. Syurin S.A., Kovshov A.A., Odland J.Ø., Talykova L.V. Retrospective assessment of occupational disease trends in Russian Arctic apatite miners. *Int. J. Circumpolar Health*. 2022; 81(1): 2059175. <https://doi.org/10.1080/22423982.2022.2059175>

13. Сорокин Г.А., Сюрин С.А., Кирьянова М.Н. Возрастная динамика рисков хронических болезней у горняков и металлургов Кольского Заполярья. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(1): 63–70. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-1-63-70> <https://elibrary.ru/nzckse>
14. Никанов А.Н., Дорофеев В.М., Мегорский В.В., Жиров В.К. Экологические аспекты накопления минеральных элементов в организме населения, проживающего в районах интенсивной промышленной деятельности в европейской части Арктической зоны России. Апатиты; 2020. <https://doi.org/10.37614/978.5.91137.440.2> <https://elibrary.ru/usesql>
15. Дударев А.А., Душкина Е.В., Сладкова Ю.Н., Чупахин В.С., Лукичева Л.А. Уровни экспозиции к металлам населения Печенгского района Мурманской области. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016; 56(6): 11–6. <https://elibrary.ru/wccckrl>
16. Вьючейская Д.С., Башкетова Н.С., Бадаева Е.А. Развитие системы охраны источников питьевого водоснабжения в России. *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2018; 13(2): 775–85. <https://elibrary.ru/ytukvn>
17. Зайцева Н.В., Сбоев А.С., Клейн С.В., Вековшинина С.А. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность

- контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора. *Анализ риска здоровью*. 2019; (2): 44–55. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.05> <https://elibrary.ru/ebbsbs>
18. Исаев Д.С., Можухина Н.А., Степанян А.А. Обоснование временных отступлений качества питьевой воды с учетом новых научных данных для оценки риска здоровью населения. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2024; 32(5): 23–32. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-5-23-32>
19. Безогодов И.В., Ефимова Н.В., Кузьмина М.В. Качество питьевой воды и риск для здоровья населения сельских территорий Иркутской области. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(2): 15–9. <https://elibrary.ru/tphjpp>
20. Душкина Е.В., Дударев А.А., Сладкова Ю.Н., Зачинская И.Ю., Чупахин В.С., Гушин И.В. и др. Содержание металлов в водоисточниках и питьевой воде в промышленных городах Мурманской области. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; 55(2): 29–34. <https://elibrary.ru/trllgz>
21. Некрасова Л.П. Актуальные вопросы определения общего органического углерода в воде. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(5): 556–61. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-556-561> <https://elibrary.ru/fakgop>

References

1. Part 2 of the Murmansk region. *The Red Book of the Murmansk region*. Available at: <https://portal.kgic.ru/redbook/?q=nature> (in Russian)
2. Dauvalter V.A., Kashulin N.A. *Geocology of the lakes of the Murmansk region. Part 1. Water bodies and their characteristics [Geoekologiya ozer Murmanskoi oblasti. Chast' 1. Vodoemy i ikh kharakteristiki]*. Murmansk; 2014. <https://elibrary.ru/ujyalf> (in Russian)
3. Report on the state and protection of the environment of the Murmansk region in 2022. Available at: <https://gov-murman.ru/region/environmentstate/> (in Russian)
4. Mazukhina S.I., Pozhilenko V.I., Masloboev V.A., Sandimirov S.S., Gorbacheva T.T., Drogobuzhskaya S.V., et al. The formation of the chemical composition of groundwater in south prohibiting using the example of “predgorniy” water intake. *Vestnik MGTU. Trudy Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2018; 21(1): 88–98. <https://elibrary.ru/yxhuwa> (in Russian)
5. Dauvalter V.A., Kashulin N.A. *Geocology of the Lakes of the Murmansk Region. Part 2. Hydrochemistry of Water Bodies [Geoekologiya ozer Murmanskoi oblasti: monografiya. Gidrokimiya vodoemov. Chast' 2]*. Murmansk; 2014. (in Russian)
6. Romanova T.I., Samarin V.A. Features of chemical composition of surface waters and bottom sediments in rivers and lakes of Khmad – Yugra. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*. 2019; (12–1): 154–63. <https://elibrary.ru/mxiscb> (in Russian)
7. Agbalyan E.V., Shinkaruk E.V. Chemical composition of water of small lakes of oil and gas diving regions of the North of Western Siberia. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2019; (7): 45–51. <https://doi.org/10.17513/use.37158> <https://elibrary.ru/krtnge> (in Russian)
8. Puzanov A.V., Baboshkina S.V., Dvurechenskaya S.Ya., Rozhdestvenskaya T.A., Balykin S.N., Balykin D.N., et al. Biogeochemical environment of watershed basins as one of the main factors forming the microelement composition of surface waters in tributaries of Lake Teletskoye. In: *Study of Aquatic and Terrestrial Ecosystems: History and Modernity Abstracts of the International Scientific Conference. Dedicated to the 150th Anniversary of the Sevastopol Biological Station – A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas and the 45th Anniversary of the R/V "Professor Vodyanitsky" [Izucheniye vodnykh i nazemnykh ekosistem: istoriya i sovremennost'. Tezisy dokladov Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii posvyashchennoi 150-letiyu Sevastopol'skoi biologicheskoi stantsii – Instituta biologii yuzhnykh morei imeni A.O. Kovalevskogo i 45-letiyu NIS "Professor Vodyanitskii"]*. Sevastopol; 2021: 308–9. <https://elibrary.ru/ffwvgy> (in Russian)
9. Shabanova S.G., Kurbanova Z.A., Magomedova M.R. Formation of the chemical composition of surface waters in the Samur River basin. In: Mesrobian N.K.H., ed. *Technospheric Safety. Modern Realities: Proceedings of the I All-Russian Scientific and Practical Conference [Tekhnosfernaya bezopasnost'. Sovremennyye realii: Sbornik materialov I Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Makhachkala; 2020: 59–62. <https://elibrary.ru/ljqfve> (in Russian)
10. Kravchenko V.V. Water exchange in small riversheds with severe climatic conditions during a cold period of a year. *Geography And Natural Resources*. 2020; 41(3): 146–54. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-3\(146-154\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-3(146-154)) <https://elibrary.ru/jldkfe>
11. Bazova M.M. Metals and metalloids in the natural water of the Kola Peninsula and their environmental danger. *Tyumen State University Herald*. 2013; (12): 189–98. <https://elibrary.ru/sephfp>
12. Syurin S.A., Kovshov A.A., Odland J.O., Talykova L.V. Retrospective assessment of occupational disease trends in Russian Arctic apatite miners. *Int. J. Circumpolar Health*. 2022; 81(1): 2059175. <https://doi.org/10.1080/2242398.2.2022.2059175>
13. Sorokin G.A., Syurin S.A., Kiryanova M.N. Age trend in risks for the chronic diseases in miners and metallurgists of the Kola Arctic. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2025; 104(1): 63–70. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-1-63-70> <https://elibrary.ru/nzckse> (in Russian)
14. Nikanov A.N., Dorofeev V.M., Megorskii V.V., Zhiron V.K. *Ecological Aspects of Mineral Elements Accumulation in the Body of the Population Living in Areas of Intensive Industrial Activity in the European Part of the Arctic Zone of Russia [Ekologicheskie aspekty nakopleniya mineral'nykh elementov v organizme naseleniya, prozhivayushchego v raionakh intensivnoi promyshlennoi deyatel'nosti v evropeiskoi chasti Arkticheskoi zony Rossii]*. Apatity; 2020. <https://doi.org/10.37614/978.5.91137.440.2> <https://elibrary.ru/usesql> (in Russian)
15. Dударев А.А., Душкина Е.В., Сладкова Ю.Н., Чупахин В.С., Лукичева Л.А. Levels of exposure to metals in population of Pechenga district of Murmansk Region. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016; 56(6): 11–6. <https://elibrary.ru/wccckrl> (in Russian)
16. Вьючейская Д.С., Башкетова Н.С., Бадаева Е.А. Development of the drinking water supply sources protection system in Russia. *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*. 2018; 13(2): 775–85. <https://elibrary.ru/ytukvn> (in Russian)
17. Zaitseva N.V., Sboev A.S., Kleyn S.V., Vekovshinina S.A. Drinking water quality: health risk factors and efficiency of control and surveillance activities by Rosпотребнадзор. *Health Risk Analysis*. 2019; (2): 44–55. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.05> <https://elibrary.ru/sqdkxn>
18. Isaev D.S., Mozzhukhina N.A., Stepanyan A.A. Justification of temporary deviations in drinking water quality given new scientific data for health risk assessment. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2024; 32(5): 23–32. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-5-23-32> (in Russian)
19. Bezgodov I.V., Efimova N.Ya.V., Kuzmina M.V. Assessment of the quality of drinking water and risk for the population's health in rural territories in the Irkutsk region. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(2): 15–9. <https://elibrary.ru/tphjpp> (in Russian)
20. Doushchina E.V., Dudarev A.A., Sladkova Yu.N., Zachinskaya I.Yu., Chupakhin V.S., Goushchin I.V., et al. Metallic content of water sources and drinkable water in industrial cities of Murmansk region. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2015; 55(2): 29–34. <https://elibrary.ru/trllgz> (in Russian)
21. Nekrasova L.P. Topical issues of determining total organic carbon in water. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(5): 556–61. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-556-561> <https://elibrary.ru/fakgop> (in Russian)

Сведения об авторах

Степанян Алекс Артурович, мл. науч. сотр. отд. коммунальной гигиены отд. гигиены ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.stepanian@s-znc.ru

Исаев Даниил Сергеевич, руководитель отд. коммунальной гигиены отд. гигиены, мл. науч. сотр. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: d.isaev@s-znc.ru

Ковшов Александр Александрович, канд. мед. наук, и.о. руководителя отд. гигиены, ст. науч. сотр. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.kovshov@s-znc.ru

Сергеев Александр Александрович, руководитель Управления Роспотребнадзора по Мурманской области, 183038, Мурманск, Россия. E-mail: adm@murmanpotrebnadzor.ru

Information about the authors

Aleks A. Stepanyan, Junior Researcher at the Municipal Hygiene Department of the Hygiene Department, North-west Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8153-1131> E-mail: a.stepanian@s-znc.ru

Daniil S. Isaev, head of the Municipal Hygiene Department of the Hygiene Department, junior researcher, North-west Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9165-1399> E-mail: d.isaev@s-znc.ru

Aleksandr A. Kovshov, PhD (Medicine), acting head, Hygiene Department, senior researcher, North-west Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9453-8431> E-mail: a.kovshov@s-znc.ru

Aleksandr A. Sergeev, Head of the Department of Rosпотребнадзор in the Murmansk region, 183038, Murmansk, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5736-9680> E-mail: adm@murmanpotrebnadzor.ru