

Научная статья

УДК 614.7+614.2(470.21)

DOI: 10/24412/2658-4255-2022-4-05-16

Для цитирования:

А.А. Ковшов, Ю.А. Новикова, И.О. Мясников, Н.А. Тихонова, В.Н. Федоров, Д.С. Исаев
Анализ состояния здоровья населения во взаимосвязи с качеством питьевой воды в Мурманской области // Российская Арктика. 2022. № 19. С. 05–16

Получена: 05.10.2022
Принята: 16.11.2022
Опубликована: 28.11.2022







Финансирование.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Исследование выполнялось в рамках научно-исследовательской работы рег.№121031300064-3.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С КАЧЕСТВОМ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

А.А. Ковшов¹ , Ю.А. Новикова² , И.О. Мясников³ ,
Н.А. Тихонова⁴ , В.Н. Федоров⁵ , Д.С. Исаев⁶ 

¹ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», отдел исследований среды обитания и здоровья населения в АЗРФ, Санкт-Петербург, Россия; ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, кафедра гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены, Санкт-Петербург, Россия. К.м.н.

a.kovshov@s-znc.ru

² ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», отдел исследований среды обитания и здоровья населения в АЗРФ, Санкт-Петербург, Россия

j.novikova@s-znc.ru

³ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», отдел анализа рисков здоровью населения, Санкт-Петербург, Россия. К.м.н.

i.myasnikov@s-znc.ru

⁴ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», отдел исследований среды обитания и здоровья населения в АЗРФ, Санкт-Петербург, Россия

n.tihonova@s-znc.ru

⁵ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», отдел исследований среды обитания и здоровья населения в АЗРФ, Санкт-Петербург, Россия

v.fedorov@s-znc.ru

⁶ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», отдел анализа рисков здоровью населения, Санкт-Петербург, Россия

d.isaev@s-znc.ru

Аннотация:

Введение. Питьевая вода является одним из важнейших факторов среды обитания, определяющим здоровье человека, что требует поиска причинно-следственных связей между загрязнением питьевой воды и повышенной заболеваемостью населения.







Материалы и методы исследования. Изучался уровень заболеваемости населения Мурманской области болезнями, ассоциированными с качеством питьевой воды. Анализировалось качество питьевой воды, проводился расчет канцерогенного риска, связанного с поступлением загрязняющих веществ из питьевой воды.

Результаты. Территориями неблагополучия по качеству питьевой воды являются г. Кировск и Печенгский район, приоритетные загрязнители питьевой воды – алюминий и никель. В Печенгском районе отмечается повышенная заболеваемость болезнями крови, органов пищеварения, нервной системы, кожи и подкожной клетчатки, а также женским бесплодием. Наиболее высокие уровни заболеваемости злокачественными новообразованиями регистрируются в г. Мурманске.

Выводы. Роль алюминия в формировании уровня заболеваемости населения г. Кировска не установлена. Воздействие никеля на здоровье населения Печенгского района может быть связано с развитием женского бесплодия, а при накожном действии – с развитием контактного дерматита, однако требуется уточнение вклада иных факторов риска, включая воздействие никеля и его соединений в рамках профессиональной деятельности. Влияние канцерогенов, присутствующих в питьевой воде, на формирование дополнительных случаев злокачественных новообразований в Мурманской области представляется незначительным.

Ключевые слова: качество питьевой воды, здоровье населения, причинно-следственные связи, Мурманская область

ANALYSIS OF POPULATION HEALTH IN RELATION TO DRINKING WATER QUALITY IN MURMANSK OBLAST

A.A. Kovshov¹ , Yu.A. Novikova² , I.O. Myasnikov³ ,
N.A. Tikhonova⁴ , V.N. Fedorov⁵ , D.S. Isaev⁶ 

¹ North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, Russian Federation; North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russian Federation. Ph.D. medicine.

a.kovshov@s-znc.ru

² North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, Russian Federation
j.novikova@s-znc.ru

³ North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, Russian Federation. Ph.D. medicine.

i.myasnikov@s-znc.ru

⁴ North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, Russian Federation
n.tikhonova@s-znc.ru

⁵ North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, Russian Federation
v.fedorov@s-znc.ru

⁶ North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, Russian Federation
d.isaev@s-znc.ru

Abstract:

Introduction. Drinking water is one of the most important environmental factors that determines human health, which requires a search for causal relationships between drinking water pollution and increased incidence of the population.

Materials and methods. We studied the incidence level of Murmansk Oblast (Russia) population with diseases associated with the drinking water quality. We also analyzed the drinking water quality, and calculated the carcinogenic risk associated with the intake of pollutants from drinking water.

Results. The risk areas in terms of drinking water quality are the city of Kirovsk and Pechenga district, the priority pollutants of drinking water are aluminum and nickel. In Pechenga district, there is an increased incidence of the blood diseases, digestive organs, nervous system, skin and subcutaneous tissue, as well as female infertility. The highest incidence rates of malignant neoplasms are recorded in the city of Murmansk.

Conclusions. The aluminum role in the formation of the incidence level in the Kirovsk city population has not been established. The nickel impact on the health of the Pechenga district population may be associated with the development of female infertility and the development of contact dermatitis, in case of cutaneous action. However, the other risk factors contribution, including exposure to nickel and its compounds in the professional activities framework, needs to be clarified. The carcinogens influence present in drinking water on the additional cases formation of malignant neoplasms in Murmansk Oblast seems to be negligible.

Keywords: drinking water quality, public health, cause and effect relationships, Murmansk Oblast

Введение

Сохранение здоровья людей и обеспечение благоприятной окружающей среды остается в качестве одной из стратегических задач Российской Федерации¹. Среди причин, оказывающих негативное влияние на здоровье населения, до 30 % приходится на воздействие факторов окружающей среды [1]. В этой связи все большее значение стали приобретать вопросы санитарно-эпидемиологического благополучия населения, в том числе обусловленные водным фактором, его количественными и качественными характеристиками.

Питьевая вода является одним из важнейших факторов среды обитания, определяющим здоровье человека [2, 3, 4]. Некачественная питьевая вода может стать

¹ Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»

причиной возникновения инфекционных и паразитарных заболеваний, а также заболеваний неинфекционной природы [2, 5, 6, 7]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в качестве приоритетных химических веществ, для которых имеются прямые доказательства воздействия на здоровье человека через питьевую воду (с учетом сравнительно низких концентраций и поглощенных доз), выделяет мышьяк, фториды, нитраты, свинец и марганец. Поэтому к числу болезней, потенциально связанных с избыточным (реже недостаточным) содержанием химических веществ в питьевой воде, в первую очередь относятся отравление мышьяком, отравление свинцом, флюороз, метгемоглобинемия и анемия. Тем не менее, на региональном уровне другие вещества в повышенных концентрациях также могут рассматриваться как потенциальные источники вреда здоровью человека. Кроме того, некоторые химические вещества в питьевой воде не оказывают существенного влияния на риски здоровью населения (например, повышенные концентрации железа), но при этом ухудшают потребительские свойства воды. Это может привести к тому, что потребители откажутся от такой питьевой воды и будут использовать эстетически более приемлемую воду, но потенциально менее безопасную [8].

По данным исследований в питьевой воде ряда населенных пунктов Мурманской области отмечается превышение гигиенических нормативов концентраций алюминия, железа, никеля, хлороформа и других веществ², что создает предпосылки к увеличению риска нарушений здоровья, связанных с поступлением данных веществ в организм человека в составе питьевой воды [9]. Следует отметить, что Мурманская область находится на первом месте среди субъектов Российской Федерации, где значения целевого показателя, запланированные федеральным проектом «Чистая вода» на 2021 г., не достигнуты³. Помимо этого, Мурманская область находится на втором месте (после Томской области) по показателю удельного веса водопроводов (57,97%), не соответствующих требованиям санитарного законодательства из-за отсутствия необходимого комплекса очистных сооружений.

Заболеваемость населения в Мурманской области по всем классам болезней, усредненная за 2007-2019 гг., характеризуется незначительным (в 1,07 раза) превышением средних российских уровней заболеваемости. Вместе с тем, в Мурманской области выделяются территории неблагополучия, характеризующиеся значительным превышением областного уровня по показателям первичной заболеваемости: Ковдорский и Кольский районы, а также города Мурманск, Кировск [10].

Целью исследования является поиск возможных причинно-следственных связей между загрязнением питьевой воды и повышенной заболеваемостью населения муниципальных образований Мурманской области.

Материалы и методы

Использовались результаты ведения социально-гигиенического мониторинга в Мурманской области за 2016-2020 гг. по разделам «Здоровье населения» и «Питьевая вода систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения». Изучался уровень заболеваемости населения Мурманской области в целом и отдельно по муниципальным районам нозологическими формами и классами болезней, потенциально связанными с потреблением питьевой воды [8]. Анализировались результаты лабораторных исследований качества питьевой воды в точках мониторинга перед подачей в распределительную сеть и в распределительной сети населенных пунктов Мурманской области, проводимых в 2016-2020 гг.⁴: оценивалось соответствие гигиеническим нормативам значений микробиологических, органолептических, обобщенных показателей и концентраций химических веществ, согласно методике⁵ проводился расчет значений канцерогенного риска, связанного с поступлением химических веществ из питьевой воды: хлороформ, свинец, бромдихлорметан, дибромхлорметан. Дополнительно анализировалась заболеваемость населения Мурманской области, в том числе в разрезе муниципальных районов, по формам федерального статистического наблюдения № 7 «Сведения о злокачествен-

2 О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Мурманской области в 2021 году: материалы для гос. доклада / под ред. Главного государственного санитарного врача по Мурманской области Сергеева А.А. Мурманск: Управление Роспотребнадзора по Мурманской области, 2022. 212 с.

3 О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 340 с.

4 Свидетельство о гос. регистрации базы данных № RU2022622066. Российская Федерация. Результаты исследований питьевой воды централизованных систем водоснабжения Мурманской области для комплексного анализа и оценки риска здоровью населения: (RU) – № 2022621824: заявлено: 22.07.2022; опубликовано 17.08.2022. Бюл. № 8. / Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Федоров В.Н., Ковшов А.А., Мясников И.О.; заявитель и правообладатель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» (ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья»)

5 Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду

ных новообразований», № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации» за 2016-2020 гг., а также формы отраслевого статистического наблюдения № 23-09 «Сведения о вспышках инфекционных заболеваний». Материалы исследования предоставлены Управлением Роспотребнадзора по Мурманской области. Помимо этого использовались материалы базы данных о злокачественных новообразованиях в Мурманской области⁶.

Проводилось усреднение уровней заболеваемости за 2016-2020 гг. с последующим расчетом заболеваемости на 100000 населения всех возрастов. Определялись территории неблагополучия по концентрации загрязняющих веществ в питьевой воде и уровню заболеваемости. Для углубленного анализа заболеваемости злокачественными новообразованиями выбраны города Мурманск и Оленегорск, Кольский район как муниципальные образования, характеризующиеся максимальными концентрациями хлороформа и других канцерогенов в питьевой воде.

Результаты

По данным формы отраслевого статистического наблюдения № 23-09 «Сведения о вспышках инфекционных заболеваний» водный путь распространения инфекционных и паразитарных болезней не установлен ни для одной вспышки. Согласно материалам государственного доклада о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Мурманской области загрязнение питьевой воды ряда населенных пунктов Мурманской области химическими веществами (главным образом, никелем, алюминием и хлороформом) создает предпосылки к увеличению риска развития болезней крови и кроветворных органов, болезней нервной системы и новообразований.

По результатам лабораторных исследований в 2016-2020 гг. питьевая вода в населенных пунктах области не соответствовала гигиеническим нормативам по содержанию железа, алюминия, никеля, хлороформа и др. По состоянию на 2020 год (табл. 1) наивысшая максимальная кратность превышений ПДК отмечается в отношении железа, алюминия и никеля.

Таблица 1

Максимальная кратность превышения гигиенических нормативов химических веществ в питьевой воде населенных пунктов Мурманской области в 2020 году

Населенный пункт	Наименование химического вещества	Максимальная кратность превышения ПДК
городской округ город Кировск		
город Кировск	Алюминий (Al, суммарно)	11,0
городской округ город Мурманск		
город Мурманск	Бензол	1,3
	Железо	2,7
	Хлороформ	1,3
город Мончегорск	Никель	2,5
городской округ город Оленегорск		
город Оленегорск	Хлороформ	1,5
городской округ ЗАТО город Североморск		
город Североморск	Железо	9,7
нп Сафоново-1	Железо	3,5
нп Североморск-3	Железо	1,5
нп Щукозеро	Железо	1,3
пгт Сафоново	Железо	1,8

⁶ Свидетельство о гос. регистрации базы данных № RU2022620903. Российская Федерация. Сведения о злокачественных новообразованиях, зарегистрированных в муниципальных образованиях Мурманской области в 2016-2020 гг.: (RU) – № 2022620730: заявлено: 11.04.2022; опубликовано 20.04.2022. Бюл. № 4. / Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Мясников И.О.; заявитель и правообладатель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» (ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья»)

Населенный пункт	Наименование химического вещества	Максимальная кратность превышения ПДК
городской округ ЗАТО поселок Видяево		
п. Видяево	Железо	1,3
Кандалакшский район		
город Кандалакша	Железо	3,1
	Хлороформ	1,4
ж/д ст Пиозеро	Железо	3,6
нп Белое Море	Железо	1,1
нп Зареченск	Железо	2,0
пгт Зеленоборский	Железо	1,1
с. Алакуртти	Железо	1,5
	Марганец	2,7
с. Лувеньга	Железо	2,2
Ковдорский муниципальный округ		
нп Енский	Железо	1,7
нп Куропта	Железо	2,0
нп Лейпи	Железо	1,2
с. Ена	Железо	1,9
Кольский муниципальный район		
ж/д ст Лопарская	Железо	5,0
	Хлороформ	1,8
нп Зверосовхоз	Железо	45,3
нп Килпъявр	Железо	1,2
нп Междуречье	Железо	1,4
нп Мишуково	Железо	11,7
нп Пушной	Железо	1,4
	Хлороформ	1,2
нп Шонгуй	Железо	3,3
пгт Верхнетуломский	Железо	1,2
пгт Кильдинстрой	Железо	4,0
пгт Мурмаши	Алюминий	1,6
с. Минькино	Железо	5,0
	Хлороформ	1,3
с. Териберка	Железо	7,3
	Марганец	2,2
с. Тулома	Железо	1,1
с. Ура-Губа	Железо	1,8
Печенгский муниципальный район		
город Заполярный	Никель	7,5
пгт Никель	Никель	7,0
Терский район		
пгт Умба	Железо	2,2

По данным исследований 2016-2020 гг. территориями неблагополучия по загрязнению питьевой воды, характеризующимися наиболее высоким удельным весом проб, не соответствующих гигиеническим нормативам химических веществ (за исключением железа), являются:

- г. Кировск (алюминий);
- пгт Никель и г. Заполярный Печенгского района (никель);
- г. Мурманск, г. Оленегорск и Кольский район (хлороформ).

В то же время территориями неблагополучия по повышенным уровням заболеваемости и/или смертности, согласно материалам государственного доклада о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Мурманской области, являются:

1. Заболеваемость болезнями крови, кроветворных органов: взрослые – Ковдорский, Кольский и Терский районы; дети – г. Мурманск, Ковдорский, Ловозерский и Терский районы.

2. Заболеваемость болезнями нервной системы: взрослые – Ковдорский, Ловозерский и Печенгский районы; дети – г. Мурманск, Кольский и Печенгский районы.

3. Заболеваемость новообразованиями: взрослые – г. Апатиты, Ковдорский, Кольский, Кандалакшский и Ловозерский районы; дети – г. Мурманск, г. Апатиты.

Можно констатировать совпадение территорий неблагополучия по загрязнению питьевой воды никелем и развитием болезней нервной системы у детей и взрослых в Печенгском районе, а также частичное совпадение территорий неблагополучия по загрязнению питьевой воды хлороформом и развитием новообразований. Несмотря на несовпадение территорий неблагополучия по содержанию в питьевой воде алюминия и уровню заболеваемости приоритетными болезнями населения г. Кировск, а также отсутствие подобной связи в отношении никеля и иных приоритетных форм болезней среди населения Печенгского района, было проведено углубленное изучение заболеваемости населения отдельными болезнями, ассоциированными с качеством питьевой воды [8].

В ходе анализа заболеваемости установлено, что усредненная за 5 лет (с 2016 по 2020 гг.) первичная заболеваемость населения Печенгского района болезнями крови, органов пищеварения, нервной системы, кожи и подкожной клетчатки, а также женским бесплодием превышает областной уровень заболеваемости, однако заболеваемость болезнями мочеполовой системы, а в г. Кировск – дегенеративными болезнями нервной системы и атопическим дерматитом находится на сопоставимом или более низком уровне по сравнению с Мурманской областью в целом (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика заболеваемости населения Печенгского района и г. Кировск Мурманской области отдельными болезнями, ассоциированными с качеством питьевой воды (усредненные показатели заболеваемости за 2016-2020 гг.)

Муниципальные образования Мурманской области	Класс болезней и отдельные нозологические формы	Уровень заболеваемости (случаев на 100000 населения)	Кратность превышения областного показателя заболеваемости
Печенгский район	болезни системы крови	337,5	1,11
	болезни нервной системы	1762,5	1,27
	болезни кожи и подкожной клетчатки	7221,3	1,59
	контактный дерматит	1509,4	1,51
	экзема	314,2	0,49
	болезни органов пищеварения	3300,2	1,13
	болезни мочеполовой системы	5312,3	0,89
	гломерулярные, тубулоинтерстициальные и другие болезни почек и мочеточника	232,2	0,93
	женское бесплодие	3936,7	1,33
город Кировск	дегенеративные болезни нервной системы	3,67	1,03
	атопический дерматит	371,4	0,59

Установлено, что основной вклад в суммарный канцерогенный риск (более 90%), связанный с потреблением питьевой воды, вносит хлороформ. Согласно материалам Агентства по охране окружающей среды США злокачественными новообразованиями, потенциально связанными с пероральным поступлением хлороформа из питьевой воды, являются злокачественные опухоли печени, почек, мочевого пузыря и толстой кишки⁷.

За период с 2016 по 2020 гг. в г. Мурманск заболеваемость злокачественными новообразованиями по сравнению с Мурманской областью повышена в 1,40 раза (г. Мурманск – 626,7, Мурманская область – 446,0 на 100000 населения в среднем за 2016-2020 гг.). Характеристика заболеваемости злокачественными новообразованиями в г. Мурманск, потенциально связанными с воздействием хлороформа в питьевой воде, приведена в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика заболеваемости злокачественными новообразованиями в г. Мурманск и Мурманской области (усредненные показатели заболеваемости за 2016-2020 гг.)

Локализация злокачественных новообразований	г. Мурманск (случаев на 100000 населения)	Мурманская область (случаев на 100000 населения)	Кратность превышения (Мурманск/Мурманская область)
печень	7,4	6,4	1,16
почка	36,3	24,9	1,46
мочевой пузырь	16,4	12,6	1,30
ободочная кишка	48,2	33,4	1,44
прямая кишка	28,5	22,5	1,27
все локализации	626,7	446,0	1,41

В г. Оленегорск заболеваемость злокачественными новообразованиями по сравнению с Мурманской областью ниже в 1,13 раза (Оленегорск – 394,7, Мурманская область – 446,0 на 100000 населения в среднем за 2016-2020 гг.). Характеристика заболеваемости злокачественными новообразованиями в г. Оленегорск, потенциально связанными с воздействием хлороформа в питьевой воде, приведена в табл. 4.

Таблица 4

Характеристика заболеваемости злокачественными новообразованиями в г. Оленегорск и Мурманской области (усредненные показатели заболеваемости за 2016-2020 гг.)

Локализация злокачественных новообразований	г. Оленегорск (случаев на 100000 населения)	Мурманская область (случаев на 100000 населения)	Кратность превышения (Оленегорск/Мурманская область)
печень	6,7	6,4	1,05
почка	18,4	24,9	0,74
мочевой пузырь	10,9	12,6	0,87
ободочная кишка	27,7	33,4	0,83
прямая кишка	20,9	22,5	0,93
все локализации	394,7	446,0	0,88

Заболеваемость злокачественными новообразованиями в Кольском районе по сравнению с Мурманской областью повышена в 1,17 раза (Кольский район – 523,5, Мурманская область – 446,0 на 100000 населения в среднем за 2016-2020 гг.). Характеристика заболеваемости злокачественными новообразованиями в г. Мурманск, потенциально связанными с воздействием хлороформа в питьевой воде, приведена в табл. 5.

Уровень заболеваемости злокачественными новообразованиями в Печенгском районе в 2016-2020 гг. составил 328,2 случая на 100000 населения, что в 1,36 раза ниже, чем в среднем по области, а в г. Кировск – 444,6 случаев на 100000 населения, что практически не отличается от заболеваемости в Мурманской области в целом.

В населенном пункте Сафоново-1 (г. Североморск), где имеется наиболее высокий на территории Мурманской области канцерогенный риск, связанный с поступлением в организм канцерогенов из питьевой воды ($2,29 \cdot 10^{-5}$), отдельного статистического учета заболеваемости не ведется. Вместе с тем, в г. Североморск заболеваемость

⁷ Chloroform. CAS No. 67-66-3: Substance Profiles / EPA (USA): Report on carcinogens, Eleventh edition. 2021. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-03/documents/chloroform_substance_profile_3v.pdf (ссылка активна на 01.09.2022)

злокачественными новообразованиями находится на самом низком в Мурманской области уровне – 262,8 случаев на 100000 населения в среднем за 2016-2020 гг., что в 1,7 раза ниже, чем в среднем по области.

Таблица 5

Характеристика заболеваемости злокачественными новообразованиями в Кольском районе и Мурманской области (усредненные показатели заболеваемости за 2016-2020 гг.)

Локализация злокачественных новообразований	Кольский район (случаев на 100000 населения)	Мурманская область (случаев на 100000 населения)	Кратность превышения (Кольский район / Мурманская область)
печень	6,4	6,4	1,00
почка	26,4	24,9	1,06
мочевой пузырь	16,6	12,6	1,32
ободочная кишка	41,5	33,4	1,24
прямая кишка	28,4	22,5	1,26
все локализации	523,5	446,0	1,17

Обсуждение результатов

Основными причинами высокого содержания железа в питьевой воде, которое характерно для большинства муниципальных образований Мурманской области, являются изношенность коммуникаций и повышенное природное содержание органических форм железа в воде поверхностных водоисточников. Повышенные концентрации алюминия и хлороформа в питьевой воде обусловлены нарушениями технологии водоподготовки, за исключением питьевой воды г. Кировска, где алюминий содержится в повышенных концентрациях в связи с его высоким содержанием в местных породах [9]. Повышенное содержание никеля в питьевой воде населенных пунктов Печенгского района, согласно материалам государственного доклада о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Мурманской области, связано с антропогенным загрязнением поверхностных водоисточников за счет техногенного поступления со сточными водами цехов никелирования, никелевых обогатительных фабрик.

Лимитирующий показатель вредности, с учетом которого установлена ПДК железа в питьевой воде (0,3 мг/л) – органолептический, поэтому повышенные концентрации железа в питьевой воде позволяют говорить лишь о низком потребительском качестве воды, а не о повышенном риске нарушений здоровья [9].

Согласно данным ВОЗ [8, 11] у людей пероральное (в том числе с питьевой водой) поступление никеля может привести к развитию болезней крови, кроветворных органов и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм, болезней органов пищеварения, болезней нервной системы, а также болезней кожи и подкожной клетчатки (в случае сенсibilизации к никелю). Помимо этого, в опытах на лабораторных животных воздействие растворимых солей никеля приводило к развитию нефротоксичности, а также неблагоприятных последствий для репродуктивной системы и развития (главным образом, повышенной неонатальной смертности). Печенгский район является территорией неблагоприятия по болезням крови, органов пищеварения и нервной системы, которые потенциально связаны с действием никеля. Следует отметить, что по данным ВОЗ, опубликованным в 2021 году [11], неврологические эффекты и воздействие на систему пищеварения при пероральном поступлении никеля характерны в первую очередь для острого воздействия, то есть при воздействии чрезвычайно больших доз никеля, что невозможно при его пероральном поступлении с питьевой водой.

При пероральном поступлении развитие болезней кожи и подкожной клетчатки от действия никеля является маловероятным, хотя описаны случаи развития дерматитов при пероральном поступлении никеля у лиц, ранее сенсibilизированных к никелю [8, 11]. Однако возможность развития болезней кожи при прямом кожном воздействии никеля, в том числе растворенными в воде соединениями никеля, не вызывает вопросов [8]. Типичными нозологическими формами воздействия никеля на кожу являются контактный дерматит и экзема. Первичная заболеваемость контактным дерматитом в Печенгском районе в 1,51 раза выше, чем в целом по области, тогда как усредненная первичная заболеваемость экземой в 2,03 раза ниже, чем в целом по Мурманской области. Роль никеля в питьевой воде Печенгского района как вещества, ассоциированного с повышенной заболеваемостью болезнями кожи, в том числе контактным дерматитом, нуждается в уточнении, так как в условиях загряз-

нения других сред обитания, включая производственную среду, создаются условия для сенсбилизации населения Печенгского района к никелю, но одновременно с этим не исключаются и иные причины развития болезней кожи, включая накожное действие никеля в связи с профессиональной деятельностью.

За 2016-2020 гг. в Печенгском районе был установлен лишь один случай мужского бесплодия, однако уровень первичной заболеваемости женским бесплодием (N97 по МКБ-10) оказался в 1,33 раза выше, чем в среднем по области. Как и в случае с повышенной заболеваемостью болезнями кожи, требуется уточнение вклада иных факторов риска в развитие женского бесплодия, в том числе определение роли экспозиции к никелю при других (помимо питьевой воды) путях его поступления в организм.

Существует мало указаний на то, что алюминий при пероральном приеме является остро токсичным для человека. Описан лишь один случай, когда в 1988 году около 20 000 человек в Кэмелфорде (Великобритания) не менее 5 дней подряд подвергались воздействию повышенной концентрации алюминия в питьевой воде, что было связано с аварийным выбросом сульфата алюминия в систему водоснабжения. Среди жителей были отмечены тошнота, рвота, диарея, язвы во рту, кожные язвы, кожная сыпь и боль в суставах, однако эти симптомы, как правило, были легкими и кратковременными [8, 12]. Хроническое воздействие алюминия, содержащегося в питьевой воде, скорее всего, не может привести к причинению значимого вреда здоровью. Тем не менее, экспертами ВОЗ было высказано предположение, что воздействие алюминия является фактором риска развития или ускорения начала болезни Альцгеймера у людей. Кроме того, имеются ограниченные данные и о роли алюминия в развитии атопического дерматита [8, 12].

Заболеваемость дегенеративными болезнями нервной системы (G30-G31 по МКБ-10) в г. Кировск за 2016-2020 гг. находится на сопоставимом с областными цифрами уровне заболеваемости, при этом с 2019 года, когда стал проводиться отдельный статистический учет заболевших болезнью Альцгеймера, в г. Кировск не было зарегистрировано ни одного случая заболевания. Заболеваемость атопическим дерматитом населения г. Кировск находится на более низком (в 1,69 раза) уровне по сравнению с областными показателями.

Анализ заболеваемости болезнями нервной системы, а также кожи и подкожной клетчатки в г. Кировск позволяет говорить об отсутствии значимого влияния повышенных концентраций алюминия в питьевой воде на здоровье населения. Это подтверждается тем, что согласно современным критериям ВОЗ [8] безопасная концентрация алюминия в питьевой воде составляет 0,9 мг/л исходя из распределения 20% суточной дозы алюминия на питьевую воду при условии, что взрослый человек весом 60 кг выпивает 2 литра воды в день, тогда как среднегодовая концентрация алюминия в питьевой воде г. Кировска составляет 0,31 мг/л, а максимальная концентрация 98%-й вероятностной обеспеченности – 0,77 мг/л.

Среди веществ, актуальных для большинства муниципальных образований Мурманской области, поступающих в организм человека с питьевой водой и обладающих доказанным канцерогенным действием, в первую очередь следует выделить хлороформ. Однако Печенгский район и г. Кировск, как наиболее неблагоприятные по качеству питьевой воды территории Мурманской области, по данным исследований за 2016-2020 гг. не являются территорией неблагоприятия по концентрации хлороформа в питьевой воде. Наиболее существенное превышение заболеваемости злокачественными новообразованиями, потенциально связанными с поступлением в организм хлороформа из питьевой воды, отмечается в г. Мурманск. В Кольском районе повышена заболеваемость по локализациям, связь которых с действием хлороформа окончательно не доказана [11], тогда как заболеваемость злокачественными новообразованиями печени и почек находится на сопоставимом с областью уровне. В г. Оленегорск заболеваемость ниже или находится на уровне, сопоставимом с областным.

Следует особо отметить, что наличие повышенной заболеваемости злокачественными новообразованиями в г. Мурманск и Кольском районе не является прямым доказательством причинно-следственной связи между поступлением хлороформа (а также других канцерогенов) в питьевой воде и развитием злокачественных новообразований, поскольку суммарный канцерогенный риск на территории муниципальных образований Мурманской области, связанный с потреблением питьевой воды, не превышает $2,29 \cdot 10^{-5}$ (г. Североморск, н.п. Сафоново-1), что, согласно критериям Р 2.1.10.1920-04 свидетельствует о приемлемой величине риска (менее 10^{-4} , но более 10^{-6}) для населения.

Канцерогенное действие никеля, повышенные концентрации которого обнаруживаются в питьевой воде населенных пунктов Печенгского района, нуждается в уточнении⁸, так как несмотря на то, что металлический никель при ингаляционном

8 List of Classifications Agents classified by the IARC Monographs, Volumes 1–132 / IARC. URL: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> (доступно по ссылке на 01.09.2022)

воздействии является вероятным канцерогеном (группа 2В по классификации Международного агентства по изучению рака) [13], доказательств существования канцерогенной активности никеля при пероральном воздействии недостаточно [8, 14]. Кроме того, существуют иные неучтенные в данной работе значимые факторы канцерогенного риска, не связанные с потреблением питьевой воды, которые могут оказать существенный вклад в формирование повышенной заболеваемости злокачественными новообразованиями.

Неопределенности и ограничения данного исследования:

1. Отсутствуют сведения о доле лиц, употребляющих питьевую воду без предварительной обработки бытовыми фильтрами, что влечет неопределенность при оценке экспозиции.

2. При проведении исследования не учтены результаты производственного контроля питьевой воды населенных пунктов Мурманской области, что связано с трудностями сбора информации, ее стандартизации и анализа.

3. Перечень заболеваний, ассоциированных с качеством питьевой воды, зачастую содержит болезни, развитие которых при поступлении химических веществ с питьевой водой в организм человека является недостаточно изученным, что затрудняет выбор приоритетных нозологий для установления причинно-следственных связей «фактор – здоровье».

4. Не изучалась роль иных факторов риска развития болезней, помимо потенциально связанных с качеством питьевой воды.

В связи с тем, что в общей структуре заболеваемости определить болезни, связанные с питьевой водой и нарушением ее качества, достаточно сложно, рекомендуется проводить оценку содержания химических элементов в организме населения, например, в волосах с затылочной части головы [15]. При использовании метода масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой можно определить с точностью до 0,0001 мкг/г содержание около 40 химических элементов, как токсических, включая никель и алюминий, так и эссенциальных⁹. В качестве косвенной характеристики токсического воздействия вредных веществ также возможно определение содержания в организме элементов антиоксидантной системы – меди, цинка и селена, снижение концентрации которых свидетельствует о негативном влиянии токсикантов на иммунитет¹⁰.

Выводы

По данным исследований 2016-2020 гг. установлено, что территориями неблагополучия по загрязнению питьевой воды, характеризующимися наиболее высоким удельным весом проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию химических веществ (за исключением железа), являются г. Кировск (алюминий), пгт Никель и г. Заполярный Печенгского района (никель), г. Мурманск, г. Оленегорск и Кольский район (хлороформ).

Воздействие никеля на здоровье населения Печенгского района в связи с его пероральным поступлением с питьевой водой может быть связано с развитием женского бесплодия, а при кожном действии – с развитием контактного дерматита, однако требуется уточнение вклада иных факторов риска, включая воздействие никеля и его соединений в рамках профессиональной деятельности. Роль алюминия в формировании уровня заболеваемости населения г. Кировск не установлена. В связи с тем, что максимальный суммарный уровень канцерогенного риска ($2,29 \cdot 10^{-5}$) соответствует приемлемым для населения величинам (10^{-6} - 10^{-4}), роль канцерогенов, поступающих в организм человека с питьевой водой, в формировании дополнительных случаев злокачественных новообразований в Мурманской области и, как следствие, дополнительного экономического ущерба, будет незначительна.

В связи с тем, что в общей структуре заболеваемости определить болезни, связанные с питьевой водой и нарушением ее качества, представляется сложной задачей, с целью принятия обоснованных управленческих решений, направленных на минимизацию риска здоровью, рекомендуется проводить оценку содержания химических элементов в организме населения.

Список литературы:

1. Боев В.М., Зеленина Л.В., Кряжев Д.А., Тулина Л.М., Неплохов А.А. Анализ канцерогенного риска при воздействии факторов окружающей среды на здоровье

⁹ Методические указания МУК 4.1.1482-03–4.1.1483-03. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

¹⁰ Забродский П.Ф., Мандыч В.Г. Иммунотоксикология ксенобиотиков: монография. Саратов: СВИБХБ, 2007. 420 с.

- населения крупного промышленного города и заболеваемость злокачественными новообразованиями // *Здоровье населения и среда обитания*. 2016. № 6 (279). С. 4-7.
2. Тихонова Н.А., Федоров В.Н., Новикова Ю.А., Ковшов А.А. Гигиеническая оценка водоснабжения населения города Приморска Ленинградской области // *Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: материалы Всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием* / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Пермь, 2021. С. 84-88.
 3. Рахманин Ю.А., Красовский Г.Н., Егорова Н.А. 100 лет законодательного регулирования качества питьевой воды. Ретроспектива, современное состояние и перспективы // *Гигиена и санитария*. 2014. Т. 93, № 2. С. 5–18.
 4. Эльпинер Л.И. Медико-экологические аспекты кризиса питьевого водоснабжения // *Гигиена и санитария*. 2013. №6. С. 38–44.
 5. Землянова М.А., Мазунина Д.Л., Рудакова Л.В. Оценка химического загрязнения питьевой воды централизованных источников водоснабжения токсичными металлами (на примере Пермского края) // *Вода: химия и экология*. 2014. №10. С. 113–118.
 6. Загайнова А.В., Рахманин Ю.А., Талаева Ю.Г., Иванов С.И., Артемова Т.З., Недачин А.Е., Гипп Е.К., Буторина Н.Н. Оценка микробного риска для установления зависимости между качеством воды и заболеваемостью населения кишечными инфекциям // *Гигиена и санитария*. 2010. №3. С. 28–31.
 7. De Roos A.J., Gurian P.L., Robinson L.F., Rai A., Zakeri I., Kondo M.C. Review of Epidemiological Studies of Drinking-Water Turbidity in Relation to Acute Gastrointestinal Illness. *Environ Health Perspect*. 2017; Aug 17; 125(8): 086003. doi: 10.1289/ EHP1090.
 8. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: World Health Organization, 2022. xxvi+583 p.
 9. Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А. Оценка рисков нарушений здоровья, связанных с качеством питьевой воды, в городских округах арктической зоны Российской Федерации // *Вестник уральской медицинской академической науки*. 2019. Т.16, №2. С. 215–222. doi: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222
 10. Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Федоров В.Н., Новикова Ю.А. Анализ заболеваемости населения Мурманской области с 2007 по 2019 год // *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2021. Т.16, №3. С. 914-922.
 11. Nickel in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva: World Health Organization, 2021. vii+36 p.
 12. Aluminium in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality / World Health Organization. Geneva: WHO, 2003. 14 p.
 13. A review of human carcinogens. Part C: Arsenic, metals, fibres, and dusts/ IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2009: Lyon, France. xi+501 p.
 14. Heim K.E., Bates H.K., Rush R.E., Oller A.R. Oral carcinogenicity study with nickel sulfate hexahydrate in Fischer 344 rats // *Toxicol Appl Pharmacol*. 2007. 224:126-37.
 15. Le Phuoc Cuong, Евгеньева И.И., Евгеньев М.И. Определение химических элементов в волосах вьетнамцев методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой // *Вестник Казанского технологического университета*. 2010. №10. С. 71-75.

References:

1. Boev V.M., Zelenina L.V., Kryazhev D.A., Tulina L.M., Neplokhov A.A. Analysis on exposure carcinogenic risk of environmental factors on health largest industrial cities and malignant tumors. *Public Health and Life Environment*. 2016; 6(279): 4-7. (In Russ.)
2. Tikhonova N.A., Fedorov V.N., Novikova Yu.A., Kovshov A.A. Gigenicheskaya ocenka vodosnabzheniya naseleniya goroda Primorska Leningradskoi oblasti [Hygienic assessment of water supply for the population of the city of Primorsk, Leningrad Oblast]. *Fundamental'nye i prikladnye aspekty analiza riska zdorov'yu naseleniya: materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi internet-konferencii molodyh uchenyh i specialistov Rospotrebnadzora s mezhdunarodnym uchastiem*. Ed. by A.Yu. Popova, N.V. Zaitseva. Perm, 2021. pp 84-88. (In Russ.)
3. Rakhmanin Yu.A., Krasovsky G.N., Egorova N.A., Mikhailova R.I. 100 years of drinking water regulation. Retrospective review, current situation and prospects. *Hygiene and Sanitation*. 2014; 93(2): 5-18. (In Russ.)

4. Elpiner L.I. Medical and environmental aspects of the drinking water supply crisis. *Hygiene and Sanitation*. 2013; 92(3): 38-44. (In Russ.)
5. Zemlyanova M.A., Mazunina D.L., Rudakova L.V. Assessment of the chemical contamination of drinking water from centralized water sources with toxic metals (on the example of Perm Krai). *Voda: himiya i ekologiya*. 2014; 10: 113–118. (In Russ.)
6. Zagainova A.V., Rakhmanin Yu.A., Talayeva Yu.G., Ivanov S.I., Artemova T.Z., Nedachin A.Ye., Gipp Ye.K., Butorina N.N. Microbial risk assessment to establish water quality-enteric infection morbidity relationships. *Hygiene and Sanitation*. 2010; 3: 28-31. (In Russ.)
7. De Roos A.J., Gurian P.L., Robinson L.F., Rai A., Zakeri I., Kondo M.C. Review of Epidemiological Studies of Drinking-Water Turbidity in Relation to Acute Gastrointestinal Illness. *Environ Health Perspect*. 2017; Aug 17; 125(8): 086003. doi: 10.1289/EHP1090.
8. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: World Health Organization, 2022. xxvi+583 p.
9. Kovshov A.A., Novikova Yu.A., Fedorov V.N., Tikhonova N.A. Diseases risk assessment associated with the quality of drinking water in the urban districts of Russian Arctic. *Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki (Journal of Ural Medical Academic Science)*. 2019, Vol. 16, no. 2, pp. 215-222. doi: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222 (In Russ.)
10. Kovshov A.A., Tikhonova N.A., Fedorov V.N., Novikova Yu.A. Analysis of the incidence in the population of Murmansk oblast in 2007-2019. *Health – the base of human potential: problems and ways to solve them*. 2021. Vol.16, no. 3. pp. 914-922. (In Russ.)
11. Nickel in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva: World Health Organization, 2021. vii+36 p.
12. Aluminium in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality / World Health Organization. Geneva: WHO, 2003. 14 p.
13. A review of human carcinogens. Part C: Arsenic, metals, fibres, and dusts/ IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2009: Lyon, France. xi+501 p.
14. Heim K.E., Bates H.K., Rush R.E., Oller A.R. Oral carcinogenicity study with nickel sulfate hexahydrate in Fischer 344 rats // *Toxicol Appl Pharmacol*. 2007. 224:126-37.
15. Le Phuoc Cuong, Evgen'eva I.I., Evgen'ev M.I. Opredelenie himicheskikh elementov v volosah v'etnamcev metodom atomno-emissionnoi spektroskopii s induktivno-svyazannoi plazmoi [Determination of chemical elements in Vietnamese hair by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy] // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Kazan Technological University]*. 2010. No. 10. pp. 71-75.