



Гигиеническая оценка содержания железа в водопроводной воде административных центров севера Тюменской области

В.В. Лапенко¹, Л.Н. Бикбулатова¹, Л.А. Миняйло², В.В. Харьков³

¹ГБУЗ «Салехардская окружная клиническая больница»,
ул. Мира, д. 39, г. Салехард, 629001, Российская Федерация

²ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ХМАО-Югре»,
ул. Рознина, д. 72, г. Ханты-Мансийск, 628012, Российская Федерация

³ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ямало-Ненецком автономном округе»,
ул. Ямальская, д. 4, г. Салехард, 629001, Российская Федерация

Резюме

Введение. Железо является жизненно важным химическим элементом для человека, избыточное поступление которого с пищей не оказывает негативного действия, но повышенное поступление неорганических форм Fe может потенцировать развитие окислительного стресса. Повышенные концентрации Fe в питьевой воде севера Тюменской области предопределены, с одной стороны, естественными характеристиками источника природной воды, с другой стороны – повторным попаданием элемента в результате изношенности водопроводных труб. В административных центрах данного региона проводится качественная безреагентная предварительная водоподготовка, но износ водопроводных сетей в г. Ханты-Мансийске – 26,3 %, а в г. Салехарде – 82,1 %.

Целью исследования явилась сравнительная оценка содержания железа в питьевой воде гг. Ханты-Мансийска и Салехарда на основе учета превышения предельно допустимого уровня и расчета риска для здоровья.

Материалы и методы. В административных центрах, входящих в состав Тюменской области Ханты-Мансийского (г. Ханты-Мансийск) и Ямало-Ненецкого (г. Салехард) автономных округов, спектрофотометрическим методом определяли концентрацию Fe в питьевой воде (50 анализов из каждого города). Результаты оценивали согласно СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», Постановлению Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 3. Оценку риска развития неканцерогенных эффектов проводили согласно данным Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду Р 2.1.10.1920–04.

Результаты. Установлены достоверно более низкие показатели концентрации Fe в питьевой воде Ханты-Мансийска сравнительно с Салехардом ($p = 0,002$). Анализ содержания Fe в отдельных пробах водопроводной питьевой воды выявил повышенное содержание Fe в 10 % проб в Ханты-Мансийске и в 66 % – в Салехарде. Вычисление возможного риска отклонений от нормы показал его отсутствие в Ханты-Мансийске: коэффициент опасности (HQ) = 0,73 (норма – HQ < 1,0) и превышение в 1,5 раза в Салехарде: HQ = 1,52.

Заключение. С целью снабжения жителей питьевой водой оптимального качества необходимо проведение мероприятий: замена устаревших разводящих сетей; организация и обеспечение надлежащего производственного контроля качества воды; постоянное проведение мониторинга за ходом реализации регионального целевого проекта «Чистая вода», оценка его результативности и эффективности.

Ключевые слова: север Тюменской области, водопроводная вода, износ водопроводных сетей, неканцерогенные риски развития патологий.

Для цитирования: Лапенко В.В., Бикбулатова Л.Н., Миняйло Л.А., Харьков В.В. Гигиеническая оценка содержания железа в водопроводной воде административных центров севера Тюменской области // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 3. С. 53–58. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-3-53-58>

Сведения об авторах:

✉ Лапенко Владислав Владиславович – заведующий отделением травматологии ГБУЗ «Салехардская окружная клиническая больница»; e-mail: vladislav.lapenk@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5731-0486>.

Бикбулатова Людмила Николаевна – заведующая клинико-биохимической лабораторией ГБУЗ «Салехардская окружная клиническая больница»; e-mail: bik-lud@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1711-6259>.

Миняйло Лариса Анатольевна – заместитель главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ХМАО-Югре»; e-mail: MinyailoLA@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0159-5742>.

Харьков Виталий Викторович – главный врач ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ямало-Ненецком автономном округе»; e-mail: vityh@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4724-6062>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Лапенко В.В.; сбор данных: Миняйло Л.А., Харьков В.В.; анализ и интерпретация результатов: Лапенко В.В., Харьков В.В.; литературный обзор: Бикбулатова Л.Н.; подготовка рукописи: Миняйло Л.А. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование не имело финансовой поддержки.

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

Статья получена: 07.06.21 / Принята к публикации: 04.03.22 / Опубликовано: 31.03.22

Hygienic Assessment of the Iron Content of Tap Water in Administrative Centers in the North of the Tyumen Region

Vladislav V. Lapenko,¹ Lyudmila N. Bikbulatova,¹ Larisa A. Minyaylo,² Vitaly V. Kharkov³

¹Salekhard Regional Clinical Hospital, 39 Mir Street, Salekhard, 629001, Russian Federation

²Center for Hygiene and Epidemiology in the Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra, 72 Roznin Street, Khanty-Mansiysk, 628012, Russian Federation

³Center for Hygiene and Epidemiology in the Yamalo-Nenets Autonomous District, 4 Yamalskaya Street, Salekhard, 629001, Russian Federation

Summary

Background: Introduction: Iron is an essential mineral for humans. Its excessive dietary intake has no adverse health effects but high exposure to inorganic iron can induce oxidative stress. Increased Fe concentrations in tap water in the north of the Tyumen Region are attributed, on the one hand, to natural characteristics of its source and, on the other hand, to iron released by deteriorated water pipes. In the administrative centers of this region, high-quality reagent-free water treatment is carried out but tap water quality is largely influenced by the condition of water supply networks with the wear indicators of 26.3 % and 82.1 %, in the cities of Khanty-Mansiysk and Salekhard, respectively.

Objective: To compare iron contents in tap water in Khanty-Mansiysk and Salekhard against its maximum permissible concentration and to assess health risks from exposure to this mineral in drinking water.

Materials and methods: Fifty tap water samples were taken in each of the two administrative centers of the Tyumen Region (Khanty-Mansiysk, Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra, and Salekhard, Yamalo-Nenets Autonomous District) for a spectrophotometric analysis of iron. The results were evaluated according to regulations SanPiN 1.2.3685–21, Hygienic standards and requirements for ensuring safety and/or harmlessness of environmental factors to humans, introduced by Decree No. 3 of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of January 28, 2021. Non-carcinogenic risks were assessed in accordance with Guidelines R 2.1.10.1920–04, Human health risk assessment from environmental chemicals.

Results: Iron levels in tap water were found to be significantly lower in the city of Khanty-Mansiysk compared to Salekhard ($p = 0.002$) with excessive Fe concentrations established in 10 % and 66 % of the samples taken in those cities, respectively. Accordingly, the Fe-related hazard quotient in Khanty-Mansiysk was almost twice as low (0.73) as in Salekhard (1.52) indicating increased likelihood of a toxicological response to the chemical in the latter.

Conclusions: In order to supply residents with drinking water of optimal quality and reduce potential health risks, it is necessary to replace worn out distribution networks, organize and ensure proper monitoring of water quality, duly implement the Regional Clean Water Project and assess its effectiveness.

Keywords: north of the Tyumen Region, tap water, deterioration of water supply networks, non-carcinogenic risks.

For citation: Lapenko VV, Bikbulatova LN, Minyaylo LA, Kharkov VV. Hygienic assessment of the iron content of tap water in administrative centers in the north of the Tyumen Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(3):53–58. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-3-53-58>

Author information:

✉ Vladislav V. Lapenko, Head of the Department of Traumatology, Salekhard Regional Clinical Hospital; e-mail: vladislav.lapenk@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5731-0486>.

Lyudmila N. Bikbulatova, Head of the Clinical and Biochemical Laboratory, Salekhard Regional Clinical Hospital; e-mail: bik-lud@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1711-6259>.

Larisa A. Minyaylo, Deputy Chief Physician, Center for Hygiene and Epidemiology in the Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra; e-mail: MinyailoLA@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0159-5742>.

Vitaly V. Kharkov, Chief Physician, Center for Hygiene and Epidemiology in the Yamalo-Nenets Autonomous District; e-mail: vitvh@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4724-6062>.

Author contributions: study conception and design: Lapenko V.V.; data collection: Minyaylo L.A., Kharkov V.V.; analysis and interpretation of results: Lapenko V.V., Kharkov V.V.; literature review: Bikbulatova L.N.; draft manuscript preparation: Minyaylo L.A. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

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

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: July 7, 2021 / Accepted: March 4, 2022 / Published: March 31, 2022

Введение. Города Ханты-Мансийск и Салехард являются административными центрами автономных округов – Ханты-Мансийского (ХМАО) и Ямало-Ненецкого (ЯНАО) – составных частей Тюменской области. Ханты-Мансийский автономный округ расположен в ее центральной части, а Ямало-Ненецкий автономный округ – в северной. Климат в ХМАО – умеренный, а в ЯНАО приближен к экстремальному. В течение всего года отмечены сильные ветры, магнитные бури, неблагоприятный фотопериодизм [1–5].

Наряду с пищей питьевая вода является важнейшим звеном пищевой цепи поступления химических элементов в организм человека. Учеными доказана прямая связь между нарушением здоровья и использованием с питьевой целью некачественной воды [6–12]. Железо является наиважнейшим загрязнителем природных вод в Тюменской области [13], повышенные концентрации которого могут быть обусловлены как естественными характеристиками источника воды, так и повторным микрозагрязнением вследствие изношенности водопроводных труб [14].

Для централизованного водоснабжения населения г. Ханты-Мансийска используются подземные воды водозабора «Северный», состоящего из 10 артезианских скважин. Технология водоподготовки: очистка исходной воды от песка и твердых взвешенных частиц на гидроциклонах, фильтрование горелой породой марки «Розовый песок», обработка озono-воздушной смесью, дегазация и насыщение воды кислородом на вакуумно-эжекторных установках, фильтрация активированным

углем, обеззараживание воды ультрафиолетовым облучением. Износ водопроводных сетей – 26,3 %¹.

Для централизованного водоснабжения населения г. Салехарда используются подземные воды двух водозаборов: городского, расположенного на юго-восточной окраине города, и водозабора мыса Корчаги, расположенного на правом берегу р. Оби в 5 км от северной окраины г. Салехарда. Исходная вода проходит этапы обезжелезивания, дегазации, насыщения кислородом, фильтрации кварцевым песком и обеззараживания УФО. Износ водопроводных сетей г. Салехарда – 82,1 %².

Цель работы: сравнительная оценка содержания железа в питьевой воде гг. Ханты-Мансийска и Салехарда на основе учета превышения предельно допустимой концентрации и расчета риска для здоровья.

Материалы и методы. Химический состав питьевой воды был определен в административных центрах ХМАО и ЯНАО – гг. Ханты-Мансийске и Салехарде соответственно: проведены исследования пятидесяти проб воды из каждого города в течение года. Контроль анализов воды и водопроводной сети проводился по ГОСТ 31861–2012³. Отобранные пробы проанализированы на содержание железа. Данное исследование проведено в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ХМАО-Югре» и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ямало-Ненецком автономном округе» методом спектрофотометрии с использованием спектрофотометра UNICO 2100. Оценка полученных данных проводилась соответственно СанПиН 1.2.3685–21⁴.

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2018 году: Гос. доклад. П.: Управление Роспотребнадзора по ХМАО – Югре, 2019. 231 с.

² Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Ямало-Ненецкого автономного округа в 2018 году». 243 с.

³ ГОСТ 31861–2012 «Вода. Общие требования по отбору проб». М.: Стандартинформ, 2019. 32 с.

⁴ Постановление от 28 января 2021 г. № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Зарегистрировано в Минюсте России 29 января 2021 г. № 62296.

Для оценки риска развития неканцерогенных эффектов проводили подсчет параметра опасности соответствующим данным Р 2.1.10.1920–04⁵ по формуле: $HQ = AC/RfC$, где: HQ – коэффициент опасности; AC – средняя концентрация, $мг/м^3$; RfC – безопасная концентрация, $мг/м^3$. Расчеты значений и построение таблиц проведены с использованием программы Microsoft Excel 2010. Вычисляли среднее арифметическое (M), среднеквадратичное отклонение (σ), медиану (Me), минимальное (min) и максимальное (max) значения. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты. На севере Тюменской области функционирует мощная промышленность, по своим масштабам превосходящая показатели других приполярных стран. Ведущее место в структуре экономики тюменского Севера занимает нефтегазовый комплекс: крупнейший производитель нефти (56 %) и попутного газа в стране [15].

Установлено широкое колебание содержания Fe в различных анализах водопроводной воды. Это объясняется забором исследуемой воды из различных источников и разным уровнем эксплуатационного износа водопроводных труб. Средние величины содержания Fe в водопроводной воде г. Ханты-Мансийска соотносились с предельно допустимой концентрацией, а в г. Салехарде превышали его в 1,5 раза по значению M и почти в 1,3 раза – Me и оказались достоверно выше подобного показателя в г. Ханты-Мансийске ($p = 0,002$) (табл. 1).

Анализ концентрации элемента в отдельных пробах водопроводной питьевой воды, взятой в административных центрах севера Тюменской

области, показал превышение ПДК по Fe различной степени выраженности только в 5 (10 %) пробах исследуемой воды в г. Ханты-Мансийске и в 33 (66 %) – в г. Салехарде (табл. 2).

Итак, качество водопроводной воды г. Ханты-Мансийска в 45 (90 %) пробах совпадало с гигиеническими критериями по концентрации в ней Fe. В г. Салехарде по данным показателям было выявлено соответствие гигиеническим требованиям только в 17 (34 %) пробах, в остальных пробах было выявлено превышение ПДК: в 22 (44 %) – незначительное превышение, а в 11 (22 %) анализируемых пробах – выраженное превышение содержания Fe в питьевой воде по отношению к ПДК.

В Ханты-Мансийске и Салехарде подземные воды перед подачей в распределительную сеть проходят сопоставимую и качественную водоподготовку. Статистически значимые различия концентрации Fe в питьевой воде, взятой уже непосредственно из кранов потребителей, можно объяснить в 3 раза более изношенными водопроводными сетями в Салехарде (82,1 %) по сравнению с Ханты-Мансийском (26,3 %)⁷. Расчет потенциального риска развития патологий соответствующих органов и систем в связи с постоянным употреблением питьевой воды показал, что в г. Салехарде он в 2 раза выше соответствующего показателя в г. Ханты-Мансийске.

Обсуждение. По мнению ученых, важнейшим условием сохранения здоровья населения является оптимальная среда обитания [8, 16]. При изменяющихся параметрах природной среды выработанные эволюционно механизмы приспособления детерминируют ответ организма на превышение

Таблица 1. Сравнительная концентрация железа в водопроводной воде гг. Ханты-Мансийска и Салехарда (ПДК – 0,3 мг/л)

Table 1. Comparison of iron concentrations in tap water in the cities of Khanty-Mansiysk and Salekhard (MPC = 0.3 mg/L)

Показатель / Indicator	Водопроводная вода тюменского Севера / Tap water of the Tyu-men North (n = 100)	
	г. Ханты-Мансийск / Khanty-Mansiysk (n = 50)	г. Салехард / Salekhard (n = 50)
M	0,22	0,35*
σ	0,01	0,04
Me	0,21	0,34
min	0,01	0,05
max	0,89	1,85

Примечание: * – различия статистически значимы, $p = 0,002$.

Notes: MPC, maximum permissible concentration; * differences are statistically significant, $p = 0.002$.

Таблица 2. Распределение проб водопроводной воды гг. Ханты-Мансийска и Салехарда по отношению к предельно допустимой концентрации железа (%)

Table 2. Distribution of tap water samples taken in Khanty-Mansiysk and Salekhard by iron levels against the maximum permissible concentration (MPC) of Fe (n/%)

Показатель / Indicator	Водопроводная вода Тюменского Севера / Tap water samples taken in the Tyumen North (n = 100)	
	г. Ханты-Мансийск / Khanty-Mansiysk (n = 50)	г. Салехард / Salekhard (n = 50)
Умеренно ниже ПДК / Moderately below MPC	30/60	10/20
Значительно ниже ПДК / Significantly lower than MPC	15/30	7/14
Умеренно выше ПДК / Moderately above MPC	3/6	22/44
Значительно выше ПДК / Significantly higher than MPC	2/4	11/22

⁵ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

⁶ Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Ямало-Ненецкого автономного округа в 2018 году».

⁷ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2018 году.

или недостаток химических элементов в окружающей среде. Доказано основное перемещение химических элементов в биосфере посредством водной среды. Для определенной территории химическая структура природной воды является неповторимой и определяющей элементный состав человеческого организма [6, 17–20].

Человек получает химические элементы из внешней среды и неизменно зависит от химической структуры вдыхаемого воздуха, потребления пищи и воды. Дисбаланс возможен в случае недостаточного или избыточного поступления их в организм [19, 20]. При этом наибольшему риску развития микроэлементозов подвержены беременные и кормящие женщины, дети, подростки и граждане пожилого возраста [21, 22].

Будучи эссенциальным биоэлементом, Fe участвует в обеспечении организма человека кислородом, катализирует реакции окисления и восстановления, способствует выработке энергии [23–25]. Элемент обладает высокой кумулятивной способностью с периодом полувыведения из организма до 5,5 года. Однако эффективных механизмов удаления Fe из организма не существует: только за счет пассивной элиминации за счет десквамации покровных тканей (кишечника, кожи) и выделения с биологическими жидкостями (моча, пот, желчь) и с микрокровоотечениями. С этим свойством Fe связана и опасность для здоровья человека: избыточное накопление Fe в организме человека ускоряет окислительно-восстановительные реакции с образованием избыточного количества свободных радикалов, что приводит к развитию окислительного стресса [22–27].

Доказано, что Fe является важнейшим поллютантом природной среды [26, 29]. Пищевое Fe не способно негативно воздействовать на человеческий организм, в то время как неорганическое Fe обладает иммунодепрессантными свойствами [6, 30]. Потенциальный риск формирования патологии, связанный с потреблением питьевой воды, установил его отсутствие в г. Ханты-Мансийске: $HQ = 0,73$ (норма — $HQ < 1,0$) и превышение в 1,5 раза в г. Салехарде: $HQ = 1,52$.

В случае повышенного поступления тяжелых металлов в течение длительного времени организм человека способен до некоторого предела привлекать собственные внутренние ресурсы с целью сохранения гомеостаза, однако через некоторый промежуток времени закономерно начинается его расстройство [13, 24–26, 28–30].

Выводы

1. Установлен достоверно более высокий средний показатель концентрации железа, превышающий ПДК, в питьевой воде г. Салехарда ($p = 0,002$) сравнительно с аналогичным показателем в г. Ханты-Мансийске.

2. Гигиеническим требованиям по содержанию железа соответствовали 90 % проб водопроводной воды г. Ханты-Мансийска и только 34 % проб г. Салехарда.

3. Риск развития неканцерогенных заболеваний, обусловленный повышенным содержанием железа в питьевой воде, отсутствует в г. Ханты-Мансийске ($HQ = 0,73$) и выявлен в г. Салехарде ($HQ = 1,52$).

4. Для обеспечения населения качественной и безопасной для здоровья питьевой водой в Ямало-Ненецком автономном округе необходима замена устаревших разводящих сетей.

5. Рекомендована организация и проведение мониторинга качества водопроводной воды для установления причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания.

Список литературы

1. Корчин В.И., Корчина Т.Я., Терникова Е.М., Бикбулатова Л.Н., Лапенко В.В. Влияние климатогеографических факторов Ямало-Ненецкого автономного округа на здоровье населения // Журнал медико-биологических исследований. 2021. Т. 9. № 1. С. 77–88. doi: 10.37482/2687-1491-Z046
2. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические проблемы в Арктике // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2017. № 4(32). С. 33–40.
3. Щербакова А.С. Фактор климата в жизнедеятельности северян: объективные данные и субъективные оценки // Экология человека. 2019. № 7. С. 24–32. doi: 10.33396/1728-0869-2019-7-24-32
4. Anttonen H, Pekkarinen A, Niskanen J. Safety at work in cold environments and prevention of cold stress. *Ind Health*. 2009;47(3):254–261. doi: 10.2486/indhealth.47.254
5. Young TK, Mäkinen TM. The health of Arctic populations: Does cold matter? *Am J Hum Biol*. 2010;22(1):129–133. doi: 10.1002/ajhb.20968
6. Корчина Т.Я., Миняйло Л.А., Сафарова О.А., Корчин В.И. Сравнительные показатели содержания железа и марганца в волосах у женщин северного региона с различной очисткой питьевой воды // Экология человека. 2018. № 4. С. 4–9. doi: 10.33396/1728-0869-2018-4-4-9
7. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Особенности питьевой воды Магадана и здоровье населения // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 3. С. 241–246. doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-3-241-246
8. Allaire M, Wu H, Lall U. National trends in drinking water quality violations. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018;115(9):2078–2083. doi: 10.1073/pnas.1719805115
9. Bouchard MF, Sauvé S, Barbeau B, et al. Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water. *Environ Health Perspect*. 2011;119(1):138–143. doi: 10.1289/ehp.1002321
10. Eggers MJ, Doyle JT, Lefthand MJ, et al. Community engaged cumulative risk assessment of exposure to inorganic well water contaminants, Crow Reservation, Montana. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(1):76. doi: 10.3390/ijerph15010076
11. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З. Анализ риска здоровью в задачи совершенствования санитарно-эпидемиологического надзора в Российской Федерации // Анализ риска здоровью. 2014. № 2. С. 4–13.
12. Цунина Н.М., Жернов Ю.В. Оценка риска здоровью населения г. Самары, связанного с химическим загрязнением питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 11 (308). С. 22–26. doi: 10.35627/2219-5238/2019-308-11-22-26
13. Корчин В.И., Миняйло Л.А., Корчина Т.Я. Содержание химических элементов в водопроводной воде городов Ханты-Мансийского автономного округа с различной очисткой питьевой воды // Журнал медико-биологических исследований. 2018. Т. 6. № 2. С. 188–197. doi: 10.17238/ISSN2542-1298.2018.6.21.188
14. 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
15. Сюрин С.А., Ковшов А.А. Условия труда и риск профессиональной патологии на предприятиях Арктической зоны Российской Федерации // Экология человека. 2019. № 10. С. 15–23. doi: 10.33396/1728-0869-2019-10-15-23
 16. Стародед А.С., Майдан В.А., Цветков С.В. Влияние медико-географических особенностей Крайнего Севера на процессы адаптации // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2020. Т. 39. № S3-5. С. 160–163.
 17. Горбачев А.Л. Некоторые проблемы биогеохимии северных территорий России // Микроэлементы в медицине. 2018. Т. 19. № 4. С. 3–9. doi: 10.19112/2413-6174-2018-19-4-3-9
 18. Dudarev AA, Dorofeyev VM, Dushkina EV, et al. Food and water security issues in Russia III: food- and waterborne diseases in the Russian Arctic, Siberia and the Far East, 2000–2011. *Int J Circumpolar Health*. 2013;72(1):21856. doi: 10.3402/ijch.v72i0.21856
 19. Rapant S, Cvečková V, Fajčňková K, Dietzová Z, Stehliková B. Chemical composition of groundwater/drinking water and oncological disease mortality in Slovak Republic. *Environ Geochem Health*. 2017;39(1):191–208. doi: 10.1007/s10653-016-9820-6
 20. Dudarev AA. Public Health Practice Report: water supply and sanitation in Chukotka and Yakutia, Russian Arctic. *Int J Circumpolar Health*. 2018;77(1):1423826. doi: 10.1080/22423982.2018.1423826
 21. Bailey RL, Pac SG, Fulgoni 3rd VL, Reidy KC, Catalano PM. Estimation of total usual dietary intakes of pregnant women in the United States. *JAMA Netw Open*. 2019;2(6):e195967. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.5967
 22. Bird JK, Murphy RA, Ciappio ED, McBurney MI. Risk of deficiency in multiple concurrent micronutrients in children and adults in the United States. *Nutrients*. 2017;9(7):655. doi: 10.3390/nu9070655
 23. Гальченко А.В., Назарова А.М. Эссенциальные микро- и ультрамикроэлементы в питании вегетарианцев и веганов. Часть I. Железо, цинк, медь, марганец // Микроэлементы в медицине. 2019. Т. 20. № 4. С. 14–23. doi: 10.19112/2413-6174-2019-20-4-14-23
 24. Егорова Н.А., Канатникова Н.В. Влияние железа в питьевой воде на заболеваемость населения г. Орла // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 11. С. 1049–1053. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1049-1053
 25. Лукина Е.А., Денежкова А.В. Метаболизм железа в норме и патологии // Клиническая онкогематология. 2015. Т. 8. № 4. С. 355–361.
 26. Лебедева Е.Н., Красиков С.И., Борщук Е.Л., Карманова Д.С., Чеснокова Л.А., Искаков А.Ж. Влияние Fe²⁺ на адипокиновую регуляцию и выраженность окислительного стресса // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 4. С. 48–51.
 27. Шамов И.А., Гасанова П.О. Железо, абсорбция, транспорт // Вестник гематологии. 2016. Т. 12. № 1. С. 31–38.
 28. Ding Z, Hu X. Ecological and human health risks from metal(loid)s in peri-urban soil in Nanjing, China. *Environ Geochem Health*. 2014;36(3):399–408. doi: 10.1007/s10653-013-9568-1
 29. Jan AT, Azam M, Siddiqui K, Ali A, Choi I, Haq QM. Heavy metals and human health: mechanistic insight into toxicity and counter defense system of antioxidants. *Int J Mol Sci*. 2015;16(12):29592–630. doi: 10.3390/ijms161226183
 30. Valko M, Morris H, Cronin MT. Metals, toxicity and oxidative stress. *Curr Med Chem*. 2005;12(10):1161–1208. doi: 10.2174/0929867053764635

References

1. Korchin VI, Korchina TYa, Ternikova EM, Bikbulatova LN, Lapenko VV. Influence of climatic and geographical factors of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug on the health of its population (review). *Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy*. 2021;9(1):77–88. (In Russ.) doi: 10.37482/2687-1491-Z046
2. Solonin YuG, Bojko ER. Medical and physiological problems of the Arctic. *Izvestiya Komi Nauchnogo Tsentra UrO RAN*. 2017;(4(32)):33–40. (In Russ.)
3. Shcherbakova AS. Climate factor in the life of northerners: objective data and subjective assessments. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2019;(7):24–32. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-7-24-32
4. Anttonen H, Pekkarinen A, Niskanen J. Safety at work in cold environments and prevention of cold stress. *Ind Health*. 2009;47(3):254–261. doi: 10.2486/indhealth.47.254
5. Young TK, Mäkinen TM. The health of Arctic populations: Does cold matter? *Am J Hum Biol*. 2010;22(1):129–133. doi: 10.1002/ajhb.20968
6. Korchina TYa, Minyailo LA, Safarova OA, Korchin VI. Comparative indicators of iron and manganese content in the hair of women living in the northern region with different treatment of drinking water. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2018;(4):4–9. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2018-4-4-9
7. Lugovaya EA, Stepanova EM. Features of the content of drinking water in the city of Magadan and population health. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(3):241–246. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-3-241-246
8. Allaire M, Wu H, Lall U. National trends in drinking water quality violations. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2018;115(9):2078–2083. doi: 10.1073/pnas.1719805115
9. Bouchard MF, Sauvé S, Barbeau B, et al. Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water. *Environ Health Perspect*. 2011;119(1):138–143. doi: 10.1289/ehp.1002321
10. Eggers MJ, Doyle JT, Lefthand MJ, et al. Community engaged cumulative risk assessment of exposure to inorganic well water contaminants, Crow Reservation, Montana. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(1):76. doi: 10.3390/ijerph15010076
11. Onishchenko GG, Popova AU, Zaitseva NV, Mai IV, Shur PZ. Health risk analysis in the tasks of improving sanitary and epidemiological surveillance in the Russian Federation. *Health Risk Analysis*. 2014;(2):4–13. (In Russ.)
12. Tsunina NM, Zhernov YuV. Health risk assessment of the population in Samara associated with chemical contamination of drinking water. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(11(308)):22–26. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-308-11-22-26
13. Korchin VI, Minyailo LA, Korchina TYa. The chemical composition of tap water with different quality of purification (exemplified by the cities of Khanty-Mansi Autonomous Area). *Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy*. 2018;6(2):188–197. (In Russ.) doi: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.21.188
14. Kovshov AA, Novikova YuA, Fedorov VN, Tikhonova NA. Diseases risk assessment associated with the quality of drinking water in the urban districts of Russian Arctic. *Vestnik Ural'skoy Meditsinskoy Akademicheskoy Nauki*. 2019;16(2):215–222. (In Russ.) doi: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222
15. Syurin SA, Kovshov AA. Labor conditions and risk of occupational pathology at the enterprises of the Arctic zone of the Russian Federation. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2019;(10):15–23. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-10-15-23
16. Starodede AS, Maidan VA, Tsvetkov SV. Influence of medical and geographic features of the Far North on adaptation processes. *Izvestiya Rossiyskoy*

- Voenno-Meditsinskoy Akademii*. 2020;39(S3-5):160-163. (In Russ.)
17. Gorbachev AL. Some problems of biogeochemistry of the northern territories of Russia. *Mikroelementy v Meditsine*. 2018;19(4):3-9. (In Russ.) doi: 10.19112/2413-6174-2018-19-4-3-9
 18. Dudarev AA, Dorofeyev VM, Dushkina EV, et al. Food and water security issues in Russia III: food- and waterborne diseases in the Russian Arctic, Siberia and the Far East, 2000–2011. *Int J Circumpolar Health*. 2013;72(1):21856. doi: 10.3402/ijch.v72i0.21856
 19. Rapant S, Cvečková V, Fajčňková K, Dietzová Z, Stehliková B. Chemical composition of groundwater/drinking water and oncological disease mortality in Slovak Republic. *Environ Geochem Health*. 2017;39(1):191-208. doi: 10.1007/s10653-016-9820-6
 20. Dudarev AA. Public Health Practice Report: water supply and sanitation in Chukotka and Yakutia, Russian Arctic. *Int J Circumpolar Health*. 2018;77(1):1423826. doi: 10.1080/22423982.2018.1423826
 21. Bailey RL, Pac SG, Fulgoni 3rd VL, Reidy KC, Catalano PM. Estimation of total usual dietary intakes of pregnant women in the United States. *JAMA Netw Open*. 2019;2(6):e195967. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.5967
 22. Bird JK, Murphy RA, Ciappio ED, McBurney MI. Risk of deficiency in multiple concurrent micronutrients in children and adults in the United States. *Nutrients*. 2017;9(7):655. doi: 10.3390/nu9070655
 23. Galchenko AV, Nazarova AM. Essential trace and ultra trace elements in nutrition of vegetarians and vegans. Part 1. Iron, zinc, copper, manganese. *Mikroelementy v Meditsine*. 2019;20(4):14-23. (In Russ.) doi: 10.19112/2413-6174-2019-20-4-14-23
 24. Egorova NA, Kanatnikova NV. Effect of iron in drinking water on the morbidity rate in the population of the city of Orel. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(11):1049-1053. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1049-1053
 25. Lukina EA, Denezhkova AV. Iron metabolism in normal and pathological conditions. *Klinicheskaya Onkogematologiya. Fundamental'nye Issledovaniya i Klinicheskaya Praktika*. 2015;8(4):355-361. (In Russ.)
 26. Lebedeva EN, Krasikov SI, Borshuk EL, Karmanova DS, Chesnokova LA, Iskakov AG. Effects of Fe²⁺ on the adipokine regulation and extent of oxidative stress. *Gigiena i Sanitariya*. 2015;94(4):48-51. (In Russ.)
 27. Shamov IA, Gasanova PO. Ferrum, absorption, transport. *Vestnik Gematologii*. 2016;12(1):31-38. (In Russ.)
 28. Ding Z, Hu X. Ecological and human health risks from metal(loid)s in peri-urban soil in Nanjing, China. *Environ Geochem Health*. 2014;36(3):399-408. doi: 10.1007/s10653-013-9568-1
 29. Jan AT, Azam M, Siddiqui K, Ali A, Choi I, Haq QM. Heavy metals and human health: mechanistic insight into toxicity and counter defense system of antioxidants. *Int J Mol Sci*. 2015;16(12):29592-630. doi: 10.3390/ijms161226183
 30. Valko M, Morris H, Cronin MT. Metals, toxicity and oxidative stress. *Curr Med Chem*. 2005;12(10):1161-1208. doi: 10.2174/0929867053764635

