



## Сравнительный анализ химического состава природных вод Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов

Т.Я. Корчина, В.И. Корчин

БУ ВО ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», ул. Мира, д. 40, г. Ханты-Мансийск, 628011, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Вода является ключевым источником жизни на Земле, который участвует в переносе питательных веществ, макро- и микроэлементов между почвой, растениями, животными и человеком, а также в концентрировании и диспергировании химических элементов и образовании минералов. Элементный статус населения во многом определяется химическим составом природных вод территории проживания.

**Цель исследования:** сравнительный анализ концентрации железа, марганца, кальция и магния в природных водах Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов.

**Материалы и методы.** Изучена концентрация Fe, Mn, Ca и Mg в 100 пробах природных вод (реки, озера, заводи, протоки и пр.) Ханты-Мансийского (ХМАО) и Ямало-Ненецкого (ЯНАО) автономных округов: по 50 проб из каждого методом спектрофотометрии, капиллярного электрофореза и атомно-абсорбционной спектрометрии. Полученные результаты сравнивали с референтными значениями СанПиН 1.2.3685-21.

**Результаты.** Установлено превышение ПДК по Fe в большинстве проб обоих округов и по Mn – в ХМАО на фоне крайне низких концентраций Ca и Mg в подавляющем числе анализов поверхностных вод ХМАО и ЯНАО. При этом отмечено достоверно меньшее содержание Ca ( $p = 0,012$ ) и Mg ( $p = 0,021$ ) в пробах природной воды ЯНАО сравнительно с ХМАО.

**Заключение.** У населения тюменского Севера постоянное употребление с питьевой целью подобной воды может привести к раннему развитию и быстрому прогрессированию сердечно-сосудистых и костно-суставных заболеваний, сахарного диабета 2-го типа, новообразований и пр., при этом существует потенциальная опасность генерализации иммунодепрессивных состояний, заболеваний ЦНС, ЖКТ, нарушений окислительного метаболизма и пр.

**Ключевые слова:** Север, природные воды, железо, марганец, кальций, магний.

**Для цитирования:** Корчина Т.Я., Корчин В.И. Сравнительный анализ химического состава природных вод Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 1. С. 43–47. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-1-43-47>

### Сведения об авторах:

✉ **Корчина** Татьяна Яковлевна – д.м.н., профессор, профессор кафедры общей и факультетской хирургии; e-mail: [t.korchina@mail.ru](mailto:t.korchina@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2000-4928>.

**Корчин** Владимир Иванович – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии; e-mail: [vikhmgmi@mail.ru](mailto:vikhmgmi@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1818-7550>.

**Информация о вкладе авторов:** Корчина Т.Я., Корчин В.И.; сбор данных: Корчина Т.Я.; анализ и интерпретация результатов: Корчина Т.Я.; обзор литературы: Корчин В.И.; подготовка рукописи: Корчина Т.Я. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 06.09.21 / Принята к публикации: 30.12.21 / Опубликовано: 31.01.22

## Comparative Analysis of the Chemical Composition of Natural Waters in the Khanty-Mansiysky and Yamalo-Nenets Autonomous Districts

Tatyana Ya. Korchina, Vladimir I. Korchin

Khanty-Mansiysk State Medical Academy, 40 Mira Street, Khanty-Mansiysk, 628011, Russian Federation

### Summary

**Background:** Water is a key source of life on Earth; it is involved in the transfer of nutrients, macro- and microelements between soil, plants, animals and humans, as well as in the concentration and dispersion of chemical elements and the formation of minerals. The elemental status of the population is largely determined by the chemical composition of the natural waters on the territory of residence.

**Objective:** To perform a comparative analysis of the concentrations of iron, manganese, calcium and magnesium in natural waters of the Khanty-Mansiysk and Yamalo-Nenets Autonomous Districts (Okrugs).

**Materials and methods:** We established concentrations of iron, manganese, calcium and magnesium in 100 samples of natural waters taken from rivers, lakes, backwaters, channels, etc. of the Khanty-Mansiysk and Yamalo-Nenets Autonomous Districts, 50 samples each, using spectrophotometry, capillary electrophoresis and atomic absorption spectrometry. The results obtained were compared with the reference values provided in Russian sanitary rules and regulations SanPiN 1.2.3685-21.

**Results:** We established elevated levels of iron in most surface water samples from both districts and of manganese in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug accompanied by extremely low concentrations of Ca and Mg in the vast majority of all samples. At the same time, we registered significantly lower concentrations of Ca ( $p = 0.012$ ) and Mg ( $p = 0.021$ ) in the water samples from the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug compared to those from the other district.

**Conclusion:** In the population of the Tyumen North, the constant use of such water for drinking purposes can lead to the early development and rapid progression of cardiovascular and osteoarticular diseases, type 2 diabetes, neoplasms, etc.; at the same time, people are at risk of generalization of immunosuppressive conditions, diseases of the central nervous system, gastrointestinal tract, oxidative metabolism disorders, etc.

**Keywords:** North, natural waters, iron, manganese, calcium, magnesium.

**For citation:** Korchina TYa, Korchin VI. Comparative analysis of the chemical composition of natural waters in the Khanty-Mansiysky and Yamalo-Nenets Autonomous Districts. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(1):43–47. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-1-43-47>

### Author information:

✉ Tatyana Ya. **Korchina**, Dr. Sci. (Med.), Professor; Professor of the Department of General and Faculty Surgery; e-mail: [t.korchina@mail.ru](mailto:t.korchina@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2000-4928>.

Vladimir I. **Korchin**, Dr. Sci. (Med.), Professor; Head of the Department of Normal and Pathological Physiology; e-mail: [vikhmgmi@mail.ru](mailto:vikhmgmi@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1818-7550>.

**Author contributions:** study conception and design: Korchina T.Ya., Korchin V.I.; data collection: Korchina T.Ya.; analysis and interpretation of results: Korchina T.Ya.; literature review: Korchin V.I.; draft manuscript preparation: Korchina T.Ya. Both authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**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: September 6, 2021 / Accepted: December 30, 2021 / Published: January 31, 2022

**Введение.** Вода является наиболее распространенным и важным химическим соединением организма человека: все метаболические процессы происходят именно в водной среде, она является универсальным растворителем продуктов обмена веществ. Посредством водной среды осуществляется базовая миграция и рециклирование химических компонентов биосферы. Важно отметить уникальность природных вод любого территориального образования, а также прямую зависимость элементного статуса населения от химического состава природных вод территории проживания [1–3]. Исследованиями установлено, что все фундаментальные биохимические процессы организма человека находятся в прямой зависимости от присутствия биотических элементов, входящих в состав большого количества биологически активных веществ: их хелатные соединения с протеинами, а также с углеводами формируют ультраструктуру витаминов, гормонов, энзимов и пр. Нарушение баланса химических элементов может привести к дезорганизации обмена веществ и развитию заболеваний, называемых микроэлементами.

С учетом того что фундаментальные физиолого-биохимические процессы организма человека находятся в непосредственной зависимости от биогенных элементов, нарушение их баланса приводит к нарушению гомеостаза, формированию всевозможных патологических состояний и заболеваний. Поэтому геохимическое своеобразие территориального образования может оказать непосредственное воздействие на элементный статус жителей данного региона и спровоцировать нарушения здоровья [4–6].

В отношении легко всасываемых и биологически доступных жизненно важных химических элементов Ca, Mg, Fe, Mn, роль их поступления с питьевой водой в организм человека является весьма существенной. Многочисленные исследования установили связь между концентрацией химических элементов в питьевой воде и возникновением определенного рода патологических состояний [4–9]. В этой связи изучение химического состава водоисточников, предназначенных для питьевого снабжения населения, принципиально для изучения специфичности элементного статуса населения данной территории и связанных с этим причин формирования соответствующих заболеваний [10–12]. Исследователи и ранее обращали внимание на отсутствие взаимосвязи между содержанием в рационах питания Ca и Mg и в биосубстратах человека. Это связано с важностью поступления данных биоэлементов именно с питьевой водой: наличие корреляционных связей между концентрацией Ca и Mg в волосах и их содержанием в питьевой воде [13]. Поэтому именно питьевая вода играет важнейшую роль в обеспечении организма человека Ca и Mg [14, 15].

**Цель работы:** сравнительный анализ концентраций железа, марганца, кальция и магния в природных водах Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов.

**Материалы и методы.** В течение 2017–2020 гг. в весенне-летний период проведены исследования 100 проб поверхностных вод (реки, озера, заводи) севера Тюменской области: 50 – из ХМАО и 50 – из ЯНАО, в которых было определено содержание железа (Fe), марганца (Mn), кальция (Ca) и магния (Mg).

Забор анализов осуществлялся в районах местожительства аборигенного населения ХМАО и ЯНАО в пластиковые пробирки с лодки примерно в 10–15 м от берега после предварительного 5-кратного полоскания пробирки в исследуемой воде. Химический анализ исследуемых проб поверхностных вод севера Тюменской области проводился в аккредитованных испытательных лабораторных центрах: ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ХМАО-Югре» и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ямало-Ненецком автономном округе» методами спектрофотометрии, капиллярного электрофореза и атомно-абсорбционной спектрометрии с использованием спектрофотометра UNICO 2100, системы капиллярного электрофореза «Капель-105» и спектрометра атомно-абсорбционного «Квант-Z.ЭТА-Т», анализатора вольтамперометрического ТА-4. Анализ результатов лабораторно-инструментальных исследований воды осуществлялся в соответствии нормативными документами: полученные результаты сравнивали с нормативными значениями СанПиН 1.2.3685–21<sup>1</sup>.

Результаты исследования были статистически обработаны при помощи программ Statistica 10.0 и Excel. Вычисляли среднее арифметическое значение (M), среднеквадратичное отклонение ( $\sigma$ ), медиану (Me), в качестве мер рассеивания параметров с нормальным распределением использовали минимальное (min) и максимальное (max) значения. Достоверность различий определяли с использованием критерия Манна – Уитни: достоверными считали различия при значениях  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Сохранение здоровья людей в чрезвычайных по сложности для организма человека условиях Севера – актуальная медико-биологическая задача настоящего времени, приобретающая особую важность в связи с повышением социально-экономического значения этого региона. Несомненно, важнейшим фактором жизнеобеспечения, который в значимой степени определяет состояние здоровья населения, является обеспечение его качественной питьевой водой. Это доказано многочисленными исследованиями ученых РФ и зарубежных стран [1, 3, 4, 7–10]. Разбалансированность микроэлементного состава питьевых вод является актуальной для большинства регионов нашей страны, в том числе и для северных территорий Тюменской области [2, 3, 8]. В нашем исследовании выявлено, что средние концентрации Fe оказались выше нормативных значений в пробах поверхностных вод обоих округов севера Тюменской области без статистически значимых различий (табл. 1).

При этом в большей части анализов природных вод тюменского Севера содержание данного

<sup>1</sup> СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации А.Ю. Поповой от 28 января 2021 г. № 2).

элемента оказалось ниже нормативных значений. Однако примерно в 1/5 части проб было отмечено превышение концентрации Fe различной степени выраженности (табл. 2).

Средние величины содержания Mn оказались выше нормативных значений только в пробах природных вод ЯНАО, а в подобных анализах, взятых в ХМАО, находились в диапазоне физиологически оптимальных показателей, но без достоверных межгрупповых различий (табл. 1). В подавляющем числе проб природных поверхностных вод тюменского Севера концентрация Mn оказалась умеренно или значительно меньше нормативных значений, а в 10 (9,7 %) анализах ЯНАО и 5 (7,8 %) анализах ХМАО было выявлено незначительное превышение концентрации данного химического элемента (табл. 2).

Обращает на себя внимание очень малое содержание Ca во всех изучаемых пробах воды из природных источников на территории обоих автономных округов, входящих в состав Тюменской области: более чем в 6 раз ниже нормативных значений в ХМАО и достоверно ( $p = 0,012$ ) еще меньшие показатели концентрации элемента – в ЯНАО (почти в 7 раз ниже нормативных значений).

Аналогичная картина была установлена нами в отношении второго щелочноземельного металла – Mg: его содержание в природных водах ХМАО была в 6,8 раза ниже нормативных значений и в 7,4 – ниже соответственно в поверхностных водах ЯНАО ( $p = 0,021$ ) (табл. 1, 2).

Таким образом, поверхностные воды тюменского Севера отличаются превышением средних концентраций Fe и Mn на фоне крайне низкого содержания ионов Ca и Mg.

Железо (Fe) является жизненно важным химическим элементом, однако избыточное его накопление в организме человека проявляет свойства иммунодепрессанта и потенцирует образование избыточного количества свободных радикалов. При этом пищевое Fe не проявляет способность негативно влиять на иммунитет и окислительно-восстановительный гомеостаз [2, 7, 17].

Избыточное накопление биоэлемента Mn может привести к накоплению его в подкорковых ядрах головного мозга и спровоцировать мутагенную активность за счет окисления биосоединений со значительной окислительной способностью, потенцирующих окислительный стресс [18]. Повышенные концентрации Mn в природных водах Севера, вероятно, вызвано высокой поглощающей способностью таежных растений в отношении этого химического элемента с образованием повышенных концентраций элемента в поверхностном слое почвенного покрова [17] со свободным переходом в природные воды.

Средние показатели концентрации жизненно важного химического элемента Mn были ниже нормативных значений в водопроводной воде обоих исследуемых городов северного региона без статистически значимых различий (табл. 1) с примерно одинаковым распределением его

Таблица 1. Концентрация железа, марганца, кальция и магния (мг/л) в воде поверхностных источников Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов

Table 1. Concentrations of iron, manganese, calcium and magnesium (mg/L) in surface waters of the Khanty-Mansiysk and Yamalo-Nenets Autonomous Districts

Химические элементы / Chemical elements	Нормативные значения / Reference values*	Природные воды севера Тюменской области / Natural waters of the north of the Tyumen region (n = 167)						p
		Ханты-Мансийский автономный округ / Khanty-Mansi Autonomous Okrug (n = 103)			Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (n = 64)			
		M ± σ	Me	min↔max	M ± σ	Me	min↔max	
Fe	0,3	0,38 ± 0,05	0,32	0,11↔1,42	0,34 ± 0,04	0,29	0,06↔1,13	0,573
Mn	0,1	0,09 ± 0,01	0,08	0,03↔0,15	0,12 ± 0,02	0,11	0,05↔0,18	0,261
Ca	70	11,62 ± 0,39	10,83	0,08↔30,97	10,28 ± 0,23	9,73	0,009↔23,04	0,012
Mg	50	7,38 ± 0,18	7,12	0,05↔23,01	6,78 ± 0,15	6,02	0,04↔19,13	0,021

Примечание: \* – СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Note: \* SanPiN 1.2.3685–21, Hygienic standards and requirements for ensuring safety and/or harmlessness of environmental factors for humans.

Таблица 2. Распределение проб воды (n/%) водисточников севера Тюменской области при сравнении с нормативными значениями химических элементов

Table 2. Distribution of water samples (n/%) taken from water sources in the north of the Tyumen Region by the ratio of measured to reference values of chemicals

Химические элементы / Chemical elements	Природные воды севера Тюменской области / Natural waters of the north of the Tyumen Region (n = 167)							
	Ханты-Мансийский автономный округ / Khanty-Mansi Autonomous Okrug (n = 103)				Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (n = 64)			
	ниже нормативных значений / below reference values		выше нормативных значений / above reference values		ниже нормативных значений / below reference values		выше нормативных значений / above reference values	
	свыше 2 раз / more than 2 times	до 2 раз / up to 2 times	свыше 2 раз / more than 2 times	до 2 раз / up to 2 times	свыше 2 раз / more than 2 times	до 2 раз / up to 2 times	свыше 2 раз / more than 2 times	до 2 раз / up to 2 times
Fe	59/57,3	24/23,3	11/10,7	9/8,7	19/29,7	32/50,0	8/12,5	5/7,8
Mn	7/10,9	52/81,3	–	5/7,8	19/18,5	74/71,8	–	10/9,7
Ca	–	103/100	–	–	–	64/100	–	–
Mg	–	103/100	–	–	–	64/100	–	–

концентрации в воде по отношению к нормативным значениям (табл. 2).

Понятие «физиологическая полноценность» отображает минимум требующихся концентраций биогенных элементов питьевой воды (прежде всего именно Са и Mg), которые способны удовлетворять потребности организма человека в них. Нами выявлены физиологически разбалансированные по минеральному составу показатели обеспеченности обследуемых проб поверхностных вод с малым уровнем концентрации Са ( $11,62 \pm 0,39$  мг/л – ХМАО и  $10,28 \pm 0,23$  мг/л ЯНАО – при рекомендуемых нормативах 50–70 мг/л) и Mg ( $7,38 \pm 0,18$  мг/л – ХМАО и  $6,78 \pm 0,15$  мг/л ЯНАО – при рекомендуемых 25–35 мг/л) [16]. Однако средние показатели содержания данных биоэлементов в питьевой воде Ямальского региона оказались достоверно ниже подобных показателей Югры: Са –  $p = 0,012$ , Mg –  $p = 0,021$  (табл. 1). Важно отметить, что во всех анализах поверхностных вод севера Тюменской области были зарегистрированы крайне низкие концентрации щелочноземельных металлов Са и Mg – значительно ниже нормативных значений в 100 % проб (табл. 2). Итак, природная вода обоих исследуемых округов тюменского Севера является физиологически неполноценной [19].

Кальций играет базовую роль в физиологических процессах всего организма человека и каждой его клетки [14]. Данный элемент тесно связан с обменом витамина D [20–22]. Поведенными ранее исследованиями концентрации витамина D в крови у населения ХМАО и ЯНАО был установлен его дефицит различной степени выраженности. Важно отметить достоверно худшее обеспечение витамином D жителей ЯНАО, что можно объяснить месторасположением исследуемых территорий: ХМАО занимает центральную часть Западно-Сибирской равнины, а ЯНАО – ее северную часть. При этом практически половина Ямальского региона находится за Полярным кругом. Особый фотопериодизм и дефицит УФО являются главными причинами недостаточной обеспеченности организма жителей северных территорий витамином D [23], что еще больше усугубляет недостаточную обеспеченность Са организмом человека.

Итак, недостаточная обеспеченность Са еще больше усугубляется в условиях северных регионов с дефицитом ультрафиолетового излучения, необходимого для синтеза витамина D [20–22], и постоянным употреблением ультрапресной воды [3]. Кроме того, учитывая роль Са в поддержании температурного гомеостаза, недостаточный уровень обеспеченности этим жизненно важным химическим элементом населения Севера может усугубляться и температурой окружающей среды [19].

Нарушения уровней Са, важнейшего биоэлемента для сердечно-сосудистой и нервной систем взаимосвязаны прежде всего с нарушениями элементного баланса, Mg.

**Заключение.** Таким образом, сравнительный анализ химического состава природных вод Тюменского Севера выявил большую распространенность повышенных концентраций железа и марганца в сочетании с достоверно более низким содержанием кальция ( $p = 0,012$ ) и магния ( $p = 0,021$ ) в природных водах Ямало-Ненецкого автономного округа по сравнению с Ханты-Ман-

сийским автономным округом. Ультрапресная вода с избытком железа и марганца исследованных округов способна детерминировать раннее начало и быстрое прогрессирование заболеваний, особенно сердечно-сосудистой системы, среди населения данных территорий проживания.

#### Список литературы

1. Горбачёв А.Л. Элементный статус населения в связи с химическим составом питьевой воды // Микроэлементы в медицине. 2006. Т. 7. № 2. С. 11–24.
2. Миняйло Л.А., Корчина Т.Я., Корчин В.И. Корреляционные связи между содержанием химических элементов в волосах у жителей Нягани и Нефтеюганска и их концентрацией в питьевой воде // Медицинская наука и образование Урала. 2019. Т. 20. № 3 (99). С. 19–24.
3. Корчин В.И., Миняйло Л.А., Корчина Т.Я. Содержание химических элементов в водопроводной питьевой воде с различным уровнем очистки (на примере городов Ханты-Мансийского автономного округа) // Журнал медико-биологических исследований. 2018. Т. 6. № 2. С. 188–197. doi: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.2.188
4. 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
5. Uspenskaya EV, Syroeshkin AV, Pleteneva TV. Water as a “complex mineral”: trace elements, isotopes and the problem of incoming mineral elements with drinking water. *Trace Elements in Medicine*. 2010;11(2):50a.
6. Radysh IV, Blagonravov ML, Notova SV, Kiyayeva EV, Laryushina IE. Element status of students with different levels of adaptation. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017;163(5):590–593. doi: 10.1007/s10517-017-3855-2
7. 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
8. Корчина Т.Я. Донозологическая диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы у населения северного региона // Экология человека. 2013. № 5. С. 8–13.
9. 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
10. Rapant S, Cvečková V, Fajčíková 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
11. Carneiro MFH, Moresco MB, Chagas GR, Souza VC, Rhoden CR, Barbosa Jr F. Assessment of trace elements in scalp hair of a young urban population in Brazil. *Biol Trace Elem Res*. 2011;143(2):815–824. doi: 10.1007/s12011-010-8947-z
12. Skalny AV, Skalnaya MG, Tinkov AA, et al. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. *Environ Monit Assess*. 2015;187(11):677. doi: 10.1007/s10661-015-4903-x
13. Тармаева И.Ю., Лемешевская Е.П., Погорелова И.Г., Мелерзанов А.В., Тармаева Н.А. Элементный статус детей Байкальского региона. Микроэлементы в медицине. 2019. Т. 20. № 4. С. 41–50. doi: 10.19112/2413-6174-2019-20-4-41-50
14. Fischer V, Haffner-Luntzer M, Amling M, Ignatius A. Calcium and vitamin D in bone fracture healing and post-traumatic bone turnover. *Eur Cell Mater*. 2018;35:365–385. doi: 10.22203/eCM.v035a25
15. Gröber U, Schmidt J, Kisters K. Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients*. 2015;7(9):8199–8226. doi: 10.3390/nu7095388

16. Якубова И.Ш., Мельцер А.В., Ерастова Н.В., Базилевская Е.М. Гигиеническая оценка обеспеченности населения Санкт-Петербурга безопасной, безвредной и физиологически полноценной питьевой водой // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 4. С. 21–25.
17. Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Федорова В.Н., Тихонова Н.А. Оценка рисков нарушений здоровья, связанных с качеством питьевой воды, в городских округах Арктической зоны Российской Федерации // Вестник Уральского медицинского академического университета. 2019. Т. 16, № 2. С. 215–222.
18. Гончаренко А.В., Гончаренко М.С. Механизмы повреждающего действия марганца на клеточном и субклеточном уровнях // Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета им. Богдана Хмельницкого. 2012. № 2. С. 47–57.
19. 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
20. Громова О.А., Трошин И.Ю. Витамин D – смена парадигмы / под ред. акад. РАН Е.И. Гусева, проф. И.Н. Захаровой. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. 576 с.
21. Holick MF. The vitamin D deficiency pandemic: Approaches for diagnosis, treatment and prevention. *Rev Endocr Metab Disord.* 2017;18(2):153–165. doi: 10.1007/s11154-017-9424-1
22. Jolliffe DA, Hanifa Y, Witt KD, et al. Environmental and genetic determinants of vitamin D status among older adults in London, UK. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2016;164:30–35. doi: 10.1016/j.jsbmb.2016.01.005
23. Корчина Т.Я., Сухарева А.С., Корчин В.И., Лапенко В.В. Обеспеченность витамином D женщин Тюменского Севера // Экология человека. 2019. № 5. С. 31–36. doi: 10.33396/1728-0869-2019-5-31-36
1. Gorbachev AL. [Elemental status of the population in connection with the chemical composition of drinking water.] *Mikroelementy v Meditsine.* 2006;7(2):11–24. (In Russ.)
2. Minyailo LA, Korchina TYa, Korchin VI. Correlation between the content of chemical elements in hair from residents of Nyagan and Nefteyugansk and their concentration in drinking water. *Meditsinskaya Nauka i Obrazovaniye Urala.* 2019;20(3(99)):19–24. (In Russ.)
3. Korchin VI, Minyaylo 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/issn2542-1298.2018.6.2.188
4. 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
5. Uspenskaya EV, Syroeshkin AV, Pleteneva TV. Water as a “complex mineral”: trace elements, isotopes and the problem of incoming mineral elements with drinking water. *Trace Elements in Medicine.* 2010;11(2):50a.
6. Radysh IV, Blagonravov ML, Notova SV, Kiyayeva EV, Laryushina IE. Element status of students with different levels of adaptation. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine.* 2017;163(5):590–593. doi: 10.1007/s10517-017-3855-2
7. 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
8. Korchina TYa. The heart disease donosological diagnostic in population of the north region. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology].* 2013;(5):8–13. (In Russ.)
9. 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
10. Rapant S, Cvečková V, Fajčíková 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
11. Carneiro MFH, Moresco MB, Chagas GR, Souza VC, Rhoden CR, Barbosa Jr F. Assessment of trace elements in scalp hair of a young urban population in Brazil. *Biol Trace Elem Res.* 2011;143(2):815–824. doi: 10.1007/s12011-010-8947-z
12. Skalny AV, Skalnaya MG, Tinkov AA, et al. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. *Environ Monit Assess.* 2015;187(11):677. doi: 10.1007/s10661-015-4903-x
13. Tarmaeva IYu, Lemeshevskaya EP, Pogorelova IG, Melerzanov AV, Tarmaeva NA. Elemental status of children in the Baikal Region. *Mikroelementy v Meditsine.* 2019;20(4):41–50. (In Russ.) doi: 10.19112/2413-6174-2019-20-4-41-50
14. Fischer V, Haffner-Luntzer M, Amling M, Ignatius A. Calcium and vitamin D in bone fracture healing and post-traumatic bone turnover. *Eur Cell Mater.* 2018;35:365–385. doi: 10.22203/eCM.v035a25
15. Gröber U, Schmidt J, Kisters K. Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients.* 2015;7(9):8199–8226. doi: 10.3390/nu7095388
16. Yakubova ISH, Mel'tser AV, Erastova NV, Bazilevskaya EM. Hygienic evaluation of the delivery of physiologically wholesome drinking water to the population of St. Petersburg. *Gigiena i Sanitariya.* 2015;94(4):21–25. (In Russ.)
17. 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
18. Goncharenko AV, Goncharenko MS. Mechanisms of damaging effect of manganese in toxic concentrations on cellular and subcellular levels. *Biologicheskii Vestnik Melitopol'skogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta im. Bogdana Khmel'nitskogo.* 2012;(2):47–57. (In Russ.)
19. 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
20. Gromova OA, Troshin IYu. [Vitamin D – A Change of Paradigm.] Gusev EI, Zakharova IN, eds. Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2017. (In Russ.) Accessed January 31, 2022. [https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o\\_1955521#1](https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1955521#1)
21. Holick MF. The vitamin D deficiency pandemic: Approaches for diagnosis, treatment and prevention. *Rev Endocr Metab Disord.* 2017;18(2):153–165. doi: 10.1007/s11154-017-9424-1
22. Jolliffe DA, Hanifa Y, Witt KD, et al. Environmental and genetic determinants of vitamin D status among older adults in London, UK. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2016;164:30–35. doi: 10.1016/j.jsbmb.2016.01.005
23. Korchina TYa, Sukhareva AS, Korchin VI, Lapenko VV. Serum concentrations of vitamin D in women living in the Tyumen North. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology].* 2019;(5):31–36. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-5-31-36

## References

- 