

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

УДК 613.34:543.3-628.1

DOI 10.34014/2227-1848-2020-3-159-167

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ ГОРОДОВ ХАНТЫ-МАНСКИЙСКИЙ И САЛЕХАРД

В.В. Лапенко, Л.Н. Бикбулатова, Е.М. Терникова

БУ ВО ХМАО – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»,
г. Ханты-Мансийск, Россия

Вода является важнейшим соединением для человека: необходима в качестве растворителя продуктов метаболизма и протекания обменных, биохимических и транспортных процессов. Элементный статус организма человека зависит от геохимического окружения и поступления биоэлементов с пищей и водой.

Цель. Провести комплексную оценку химического состава водопроводной воды городов Ханты-Мансийск и Салехард.

Материалы и методы. Методами атомно-абсорбционной спектроскопии, спектрофотометрии и капиллярного электрофореза проанализирован химический состав 100 проб водопроводной воды: по 50 из Ханты-Мансийска и Салехарда. Результаты сравнивали с СанПиН 2.1.4.1074-01.

Результаты. В водопроводной воде Салехарда установлена превышающая ПДК и достоверно более высокая концентрация железа сравнительно с водой Ханты-Мансийска ($p=0,03$). При условии качественной безреагентной водоподготовки в изучаемых городах это обусловлено изношенностью водопроводных сетей в Салехарде, более чем в 3 раза превышающей этот показатель в Ханты-Мансийске. Концентрация кальция и магния в воде Ханты-Мансийска в 5,6 и 3,9 раза ниже ПДК; в воде Салехарда – в 6,3 ($p=0,008$) и 4,6 ($p<0,001$) раза ниже ПДК соответственно.

Заключение. Употребление ультрапресной питьевой воды на фоне очень малого поступления с водой биоэлементов, входящих в состав ферментов антиоксидантной защиты организма человека, может привести к манифестации сердечно-сосудистых заболеваний. Это особенно актуально для г. Салехарда с очень мягкой питьевой водой с повышенным содержанием железа, избыток которого может проявлять проокислительные свойства.

Ключевые слова: водопроводная вода, биоэлементы, северный регион, антиоксиданты.

Введение. Перенос водной средой обеспечивает глобальную миграцию химических элементов в биосфере. Вода – самое важное и распространенное соединение в организме человека: является многоцелевым растворителем продуктов обмена веществ, в водной среде происходят все метаболические процессы.

Доказано, что одним из звеньев природных биогеохимических цепей является человек. При этом элементный состав организма человека зависит одновременно от специфичности водно-пищевых рационов и от геохимии среды обитания. Поэтому снабжение населения качественной питьевой водой явля-

ется основой природоохранной устойчивости региона, и решение данной проблемы – прямой путь к сокращению заболеваемости его жителей [1–8]. В связи с этим изучение химического состава питьевой воды необходимо для выявления причин возникновения заболеваний биогеохимической природы и особенностей элементного статуса населения [9–11].

Города Ханты-Мансийск и Салехард являются административными центрами соответственно Ханты-Мансийского (ХМАО) и Ямало-Ненецкого автономных округов (ЯНАО), входящих в состав Тюменской области. При этом ЯНАО причислен к Арктической зоне

РФ, являющейся стратегической ресурсной базой страны. Обеспечение питьевой водой Ханты-Мансийска и Салехарда осуществляется из подземных источников. Артезианская вода подвергается качественной безреагентной очистке, включающей несколько этапов обезжелезивания кварцевым песком и обеззараживания при помощи ультрафиолетового облучения (УФО). Однако изношенность водопроводной сети в Ханты-Мансийске составляет 26,3 %, а в Салехарде – 82,1 % [12, 13].

Цель исследования. Провести комплексную оценку химического состава водопроводной воды городов Ханты-Мансийск и Салехард.

Материалы и методы. В течение 2019 г. проведены исследования 100 проб водопроводной воды: по 50 проб из Ханты-Мансийска (ХМАО) и Салехарда (ЯНАО). Водопроводную воду через 5 мин после открытия крана набирали в предназначенные для этой цели пластиковые пробирки и определяли в ней содержание железа (Fe), марганца (Mn), кальция (Ca) и магния (Mg). Исследование проводили в испытательных лабораторных центрах ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ХМАО – Югре» и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ЯНАО» методами атомно-абсорбционной спектроскопии, спектрофотометрии и капиллярного электрофореза с использованием соответственно атомно-абсорбционного спектрометра «КВАНТ-Z.ЭТА-Т» (Россия), спектрофотометра UNICO 2100, си-

стемы капиллярного электрофореза «Капель-105». Анализ результатов лабораторно-инструментальных исследований водопроводной воды осуществляли в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» (Постановление Минздрава России от 26.09.2001 № 24).

Полученные результаты обработаны методами математической статистики с использованием программ STATISTICA 10 и Microsoft Excel. Рассчитывали среднее арифметическое значение ($\bar{M}$), среднеквадратичное отклонение (σ), медиану (Me), определяли минимальное ($\min$) и максимальное ($\max$) значения. Две полученные независимые выборки сравнивали между собой, за статистически значимые различия принимали значения $p < 0,05$.

Результаты. Значения концентраций химических элементов в питьевой водопроводной воде городов Ханты-Мансийск и Салехард, а также распределение проб по отношению к ПДК представлены в табл. 1 и 2.

Анализ полученных результатов позволил выявить более высокое содержание Fe ($p=0,031$) в питьевой воде Салехарда по сравнению с Ханты-Мансийском. При этом средние значения концентрации железа в воде Ханты-Мансийска не превышали ПДК, в то время как в Салехарде оказались выше их (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Концентрация химических элементов в пробах водопроводной воды городов Ханты-Мансийск и Салехард, мг/л

Concentration of chemical elements in drinking tap water samples in Khanty-Mansiysk and Salekhard, mg/l

Химический элемент Chemical element	ПДК MAC	Ханты-Мансийск (n=50) Khanty-Mansiysk (n=50)			Салехард (n=50) Salekhard (n=50)			p
		$\bar{M} \pm \sigma$	Me	$\min \leftrightarrow \max$	$\bar{M} \pm \sigma$	Me	$\min \leftrightarrow \max$	
Fe	0,3	0,25±0,02	0,27	0,01↔0,89	0,35±0,041	0,36	0,01↔0,97	0,031
Mn	0,1	0,06±0,004	0,06	0,001↔0,25	0,07±0,005	0,07	0,01↔0,32	0,122
Ca	70	12,5±0,35	11,2	9,4↔22,0	11,2±0,33	10,7	5,15↔13,8	0,008
Mg	42	10,7±0,13	10,1	7,55↔17,7	9,2±0,15	9,15	3,45↔17,4	0,000

В подавляющем большинстве проб питьевой воды (46 образцов) Ханты-Мансийска концентрации Fe были ниже ПДК. В то же время почти в пятой части проб водопроводной воды Салехарда этот показатель превышал ПДК, а в 4 образцах превышение было значительным (табл. 2).

Средние показатели содержания Ca и Mg в питьевой воде Салехарда оказались досто-

верно ниже, чем в Ханты-Мансийске ($p=0,008$, $p<0,001$ соответственно) (табл. 1).

Важно отметить, что практически во всех пробах водопроводной воды севера Тюменской области были зарегистрированы крайне низкие по сравнению с ПДК (в 4–5,5 раза меньше) концентрации щелочноземельных металлов Ca и Mg (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Распределение проб питьевой водопроводной воды городов Ханты-Мансийск и Салехард по отношению к предельно допустимым концентрациям химических элементов, %

Distribution of drinking tap water samples in Khanty-Mansiysk and Salekhard in relation to maximum allowable concentrations of chemical elements, %

Химический элемент Chemical element	Пробы Ханты-Мансийска (n=50) Khanty-Mansiysk samples (n=50)				Пробы Салехарда (n=50) Salekhard samples (n=50)			
	Ниже ПДК Below MAC		Выше ПДК Above MAC		Ниже ПДК Below MAC		Выше ПДК Above MAC	
	Умеренно Slightly	Значительно Significantly	Умеренно Slightly	Значительно Significantly	Умеренно Slightly	Значительно Significantly	Умеренно Slightly	Значительно Significantly
Fe	60	32	4	4	54	22	16	8
Mn	18	74	8	-	20	70	10	-
Ca	-	100	-	-	-	100	-	-
Mg	-	100	-	-	-	100	-	-

Обсуждение. Сохранение среды обитания и здоровья населения на Севере, и в частности в Арктической зоне РФ, является существенной частью «Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» (Российская газета, 18.09.2008). Данное положение диктует необходимость дальнейших исследований воздействия факторов среды обитания на здоровье населения и создания действенных мер по улучшению санитарно-гигиенических условий его проживания.

Установлено, что человек, находясь в непрерывной взаимосвязи с окружающей средой, получает из воды, пищи и воздуха необходимые химические элементы. Баланс химических элементов в организме человека может

нарушаться из-за недостаточного или избыточного их поступления [1]. В связи с этим важность обеспечения населения качественной питьевой водой не вызывает сомнения. Качество питьевой воды в северных регионах находится под постоянным контролем центров гигиены и эпидемиологии [12, 13]. В городах Ханты-Мансийск и Салехард уже более 20 лет с целью обеззараживания воды используют не хлорирование, а метод УФО.

Основным загрязнителем питьевой воды на территории Тюменского Севера является железо [14], повышенное содержание которого может быть обусловлено природными свойствами водного источника, а также вторичным загрязнением, возникающим вследствие изношенности систем водоснабжения [15].

Железо – жизненно необходимый химический элемент, играющий важнейшую роль в протекании окислительно-восстановительных реакций в организме человека, а также являющийся составной частью гемоглобина, миоглобина, дыхательных белков и многих ферментов. Элементу присуща высокая способность к кумуляции с периодом полувыведения из организма более 5 лет, при этом механизмы эффективной экскреции Fe практически отсутствуют. Выведение осуществляется только посредством слущивания эпителия кишечника и кожи, элиминации с желчью, мочой и потом, а также при микрокровотечениях и не регулируется физиологически. Именно с этой способностью Fe сопряжена опасность токсического действия: избыточное содержание элемента в организме приводит к иммуносупрессии и потенцирует образование свободных радикалов. Следует отметить, что железо, поступающее в организм с продуктами питания, не оказывает негативного влияния на иммунитет и окислительно-восстановительный гомеостаз [15, 16].

В целях устранения одной из причин повышения содержания железа в питьевой воде в Ханты-Мансийске в настоящее время проводится замена стальных труб на полиэтиленовые, имеющие значительно больший срок службы и лучшие технические и эксплуатационные характеристики [12]. Однако в Салехарде такая работа не ведется, что, по всей вероятности, и обуславливает превышающее ПДК содержание железа в питьевой воде [13].

Средние показатели концентрации в водопроводной воде исследуемых городов жизненно важного химического элемента марганца были ниже ПДК, не имели статистически значимых различий (табл. 1) и обладали примерно одинаковым распределением по отношению к ПДК (табл. 2). Марганец участвует в процессах регуляции функционирования опорно-двигательного аппарата, входит в состав многих ферментов, в т.ч. супероксиддисмутазы – важнейшего элемента антиоксидантной защиты организма [1].

Питьевая вода является ценным источником эссенциальных макроэлементов, в частности Ca и Mg, которые содержатся в ней в биологически доступной и легко всасываемой

форме. Под физиологической полноценностью питьевой воды понимают способность содержащихся в ней жизненно важных химических элементов удовлетворять потребность в них организма человека: она отражает минимально требующиеся концентрации биоэлементов. В нашем исследовании во всех пробах питьевой воды зафиксирован несбалансированный элементный состав с низкой концентрацией Ca (в Ханты-Мансийске – $12,5 \pm 0,35$ мг/л, в Салехарде – $11,2 \pm 0,33$ мг/л при рекомендуемых нормативах 50–70 мг/л) и Mg ($10,7 \pm 0,13$ и $9,2 \pm 0,15$ мг/л соответственно при рекомендуемых 25–35 мг/л) [17]. Таким образом, водопроводная питьевая вода в исследуемых городах не является физиологически полноценной [18].

Кальций является одним из гомеостатических показателей организма человека, дефицит данного элемента может привести к многочисленным сбоям в физиологической активности клеток и тканей. Кальций исключительно важен для оптимальной жизнедеятельности организма: является материалом для формирования опорно-двигательного аппарата, принимает участие в свертывании крови, необходим для энергетического обмена, участвует в транспортировке некоторых медиаторов через плазматическую мембрану и пр. Известно около 2000 содержащих Ca белков и ферментов, при недостаточном поступлении Ca в организм человека активность последних будет значительно снижена [19]. Оптимальная обеспеченность кальцием принципиальна для профилактики остеопороза, аритмий, атеросклероза, нормализации АД, предотвращения спастических реакций [20].

Усвоение Ca в организме человека напрямую связано с витамином D – их взаимодействие реверсивно: витамин D регулирует содержание Ca, в то время как Ca влияет на адекватность проявлений витамина D. В условиях дефицита витамина D действие Ca становится малоэффективным вследствие существования большого числа зависимых от Ca белков, регулируемых эти витамином [19–23]. Проведенными ранее исследованиями был установлен дефицит витамина D в сыворотке крови у населения ХМАО и ЯНАО различной степени выраженности [24], который в свою очередь

обуславливает недостаточность Са для осуществления многих физиологических процессов в организме человека. Ситуация с обеспеченностью кальцием в северных регионах усугубляется также низким уровнем УФО, необходимого для синтеза витамина D у людей [19, 24], ежедневно потребляющих ультрапресную воду [5].

Магний – эссенциальный макроэлемент, входящий в состав более 300 ферментов, принимающих участие в регуляции биоэнергетических процессов в организме [1]. В многочисленных исследованиях установлено, что недостаток Mg в организме человека увеличивает риск развития заболеваний сердечно-сосудистой системы, сахарного диабета 2-го типа, новообразований, остеопороза. Дефицит этого элемента сопровождается прогрессированием артериальной гипертензии, в котором Mg выступает как первичное звено, а также аритмиями. Даже невыраженная гипомagneзиемия может привести к росту заболеваний в отсроченном периоде жизни [25].

И.Ю. Тармаева и соавт. обращают внимание на отсутствие взаимосвязи между содержанием в рационе питания и в волосах Са и Mg. Данный феномен, по-видимому, обусловлен поступлением элементов в организм человека не только с пищей, но и с питьевой водой, что отражается в корреляционных связях между содержанием Са и Mg в волосах и в воде источников водоснабжения [26]. Таким образом, уровень Са и Mg в питьевой воде имеет колоссальное значение для обеспечения ими организма человека [21, 27].

Доказано, что увеличение продукции свободных радикалов, с одной стороны, и сниже-

ние активности антиоксидантной системы защиты организма, с другой стороны, могут привести к развитию окислительного стресса [28, 29]. Это, в свою очередь, может потенцировать развитие более чем 100 заболеваний, в основе патогенеза которых лежит нарушение окислительного метаболизма, в первую очередь это заболевания сердечно-сосудистой системы.

Выводы:

1. В водопроводной воде Салехарда выявлена превышающая ПДК и достоверно большая, чем в Ханты-Мансийске, концентрация железа ($p=0,031$), что в условиях качественной водоочистки обусловлено изношенностью водопроводных сетей.

2. Потребляемая населением городов Тюменской области питьевая вода является ультрапресной: в воде Ханты-Мансийска содержание кальция и магния ниже ПДК соответственно в 5,6 и 3,9 раза, в воде Салехарда – в 6,3 и 4,6 раза.

3. Установлены достоверно меньшие концентрации Са ($p=0,008$) и Mg ($p<0,001$) в водопроводной воде Салехарда по сравнению с аналогичными показателями Ханты-Мансийска.

4. Постоянное употребление ультрапресной питьевой воды на фоне очень малого поступления с водой биоэлементов, входящих в состав ферментов антиоксидантной защиты организма человека, может привести к манифестации сердечно-сосудистых заболеваний. Это особенно актуально для Салехарда с очень мягкой питьевой водой с повышенным содержанием железа, избыток которого может проявлять прооксидантные свойства.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Скальный А.В. Микроэлементы. 4-е изд., перераб. М.: Фабрика блокнотов; 2018. 295.
2. 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.
3. Bouchard M.F., Sauve S., Barbeau B., Legrand M., Brodeur M.E., Bouffard T. Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water. Environ. Health Persp. 2011; 119 (1): 138.
4. Notova S.V., Kiyeva E.V., Radysh I.V., Laryushina I.E., Blagonravov M.L. Elemental status of students with different levels of adaptation. Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2017; 163 (5): 590–593.
5. 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; 3: 19–24.

6. Dudarev A.A., Dushrina E.V., Alloyarov P.R. 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.
7. Nelson L., Valle J., King G., Richadson M.J., Roberts E.M., Smith D., English P. Estimating the Proportion of Children Cancer Cases and Costs Attributable to the Environment in California. *Am. J. Public Health*. 2017; 107: 756–762.
8. Uspenskaya E.V., Syroeshkin A.V., Pletneva T.V. Water as a complex mineral: trace elements, isotopes and the problem of incoming mineral elements with drinking water: Abstracts 4 International FESTEM Symposium on trace elements and minerals in medicine and biology. *Trace elements in medicine*. 2010; 11 (2): 50.
9. Carneiro M.F.H., Moresco M.B., Chagas G.R., de Oliveira Souza V.C., Rhoden C.R., Barbosa Jr.F. Assessment of trace elements in scalp hair of a young urban population in Brazil. *Biological trace elements research*. 2011; 143 (2): 815–824.
10. Rapant S., Cvecková V., Fajčíková K., Dietzová Z., Stehliková B. Chemical composition of groundwater/drinking water and oncological disease mortality in Slovak Republic. *Environmental Geochemistry and Health*. 2017; 39 (1): 191–208. DOI: org/10.3390/ijerph14030278.
11. Skalny A.V., Skalnaya M.G., Tinkov A.A. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. *Environmental monitoring and assessment*. 2015; 187 (11): 1–8.
12. Анализ существующего состояния систем водоснабжения в разрезе муниципальных образований Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и их населенных пунктов с описанием технологии очистки воды и отражением основных проблем, не позволяющих обеспечить необходимый уровень качества питьевой воды в соответствии с установленными требованиями: отчет. 2018. 218.
13. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Ямало-Ненецкого автономного округа в 2018 году: доклад. 2019. 243.
14. 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; 6 (2): 188–197. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.21.188.
15. 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; 16 (2): 215–222. DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222.
16. Егорова Н.А., Канатникова Н.В. Влияние железа в питьевой воде на заболеваемость населения г. Орла. *Гигиена и санитария*. 2017; 96 (11): 1049–1053.
17. 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*. 2016; 8: 21–25.
18. Горбачев А.Л. Некоторые проблемы биогеохимии северных территорий России. *Микроэлементы в медицине*. 2018; 19 (4): 3–9. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-4-3-9.
19. Громова О.А., Торшин И.Ю., Гусев Е.И. (ред.), Захарова И.Н. (ред.). *Витамин D – смена парадигмы*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2017. 576.
20. Murphy E., Williams D. Hypocalcaemia. *Medicine*. 2009; 37 (9): 465–468.
21. Fischer V., Haffner-Luntzer M., Amling M. Calcium and vitamin D in bone fracture healing and post-traumatic bone turnover. *Eur. Cell. Mater*. 2018; 35: 365–385.
22. Holick M.F. The vitamin D deficiency pandemic: approaches for diagnosis, treatment and prevention. *Rev. Endocr. Metab. Disord*. 2017; 18: 153–165.
23. Jolliffe D.A., Hanifa Y., Witt D., Venton T.R., Rowe M., Timms P.M. Environmental and genetic determinants of vitamin D status among older adults in London, UK. *Steroid Biochem. Mol. Biol*. 2016; 164: 30–35.
24. Корчина Т.Я., Сухарева А.С., Корчин В.И., Лапенко В.В. Обеспеченность витамином D женщин Тюменского Севера. *Экология человека*. 2019; 5: 31–36. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-9-831-834.
25. Zhang W., Iso H., Ohira T. Study Group. Associations of dietary magnesium intake with mortality from cardiovascular disease: the JACC study. *Atherosclerosis*. 2012; 221: 587–595.
26. Тармаева И.Ю., Лемешевская Е.П., Погорелова И.Г., Мелерзанов А.В., Тармаева Н.А. Элементный статус детей Байкальского региона. *Микроэлементы в медицине*. 2019; 20 (4): 41–50. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-4-41-50.

27. Gröber U., Schmidt J., Kisters K. Magnesium in Prevention and Therapy. *Nutrients*. 2015; 7 (9): 8199–226.
28. Halliwell B. Free radicals and antioxidants: updating a personal view. *Nutr. Rev.* 2012; 70 (5): 257–265.
29. Liguori I., Russo G., Curcio F., Bulli G., Aran L., Della-Morte D., Gargiulo G., Testa G., Cacciatore F., Bonaduce D., Abete P. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging*. 2018; 13: 757–772. DOI: 10.2147/CIA.S158513.

Поступила в редакцию 11.05.2020; принята 25.08.2020.

Авторский коллектив

Лапенко Владислав Владиславович – аспирант кафедры медицинской и биологической химии, БУ ВО ХМАО – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия». 628011, Россия, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40; e-mail: vladislav.lapenk@rambler.ru, ORSID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5731-0486>.

Бикбулатова Людмила Николаевна – аспирант кафедры нормальной и патологической физиологии, БУ ВО ХМАО – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия». 628011, Россия, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40; e-mail: bik-lud@yandex.ru, ORSID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1711-6259>.

Терникова Елена Михайловна – аспирант кафедры медицинской и биологической химии, БУ ВО ХМАО – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия». 628011, Россия, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40; e-mail: vladislav.lapenk@rambler.ru, ORSID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2775-2512>.

Образец цитирования

Лапенко В.В., Бикбулатова Л.Н., Терникова Е.М. Эколого-физиологическая оценка химического состава водопроводной воды городов Ханты-Мансийск и Салехард. Ульяновский медико-биологический журнал. 2020; 3: 159–167. DOI: 10.34014/2227-1848-2020-3-159-167.

ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL ASSESSMENT OF CHEMICAL COMPOSITION OF DRINKING TAP WATER IN KHANTY-MANSIYSK AND SALEKHARD

V.V. Lapenko, L.N. Bikbulatova, E.M. Ternikova

Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia

Water is very important for humans, as it is a solvent for metabolic products. Moreover, it is necessary for metabolism, biochemical and transport processes. The elemental status in persons depends on the geochemical environment and consumption of bioelements with food and water.

The aim of the paper is to conduct a comprehensive assessment of chemical composition of drinking tap water in Khanty-Mansiysk and Salekhard.

Materials and Methods. The chemical composition of 100 samples of drinking tap water was analyzed by atomic absorption spectrometry, spectrophotometry and capillary electrophoresis. All in all, there were 50 samples from Khanty-Mansiysk and 50 samples from Salekhard. The results were compared with Sanitary Rules and Norms 2.1.4.1074-01.

Results. Drinking tap water in Salekhard contains a significantly higher concentration of iron, which is much above the maximum allowable concentration, if compared to water samples in Khanty-Mansiysk ($p=0.03$). In the cities under consideration, the water undergoes high-quality reagent-free treatment. However, the deterioration of the water supply networks in Salekhard is 3 times as high as in Khanty-Mansiysk. Calcium and magnesium concentration in water samples from Khanty-Mansiysk is 5.6 and 3.9 times lower than the MAC; in water samples from Salekhard calcium concentration is 6.3 ($p=0.008$) and magnesium concentration 4.6 ($p<0.001$) times lower than the MAC.

Conclusion. The consumption of ultra-fresh drinking water leads to low intake of bioelements, which are a part of enzymes contributing to the human antioxidant defense and can result in manifestation of cardiovascular diseases. This is especially true for Salekhard with very soft drinking water and high iron concentration, which excess can exhibit prooxidant properties.

Keywords: tap water, bioelements, northern region, antioxidants.

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

References

1. Skal'nyy A.V. *Mikroelementy* [Microelements]. Izd. 4-e, pererab. Moscow: Fabrika bloknotov; 2018. 295 (in Russian).
2. 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.
3. Bouchard M.F., Sauve S., Barbeau B., Legrand M., Brodeur M.E., Bouffard T. Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water. *Environ. Health Persp.* 2011; 119 (1): 138.
4. Notova S.V., Kiyaeva E.V., Radysh I.V., Laryushina I.E., Blagonravov M.L. Elemental status of students with different levels of adaptation. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017; 163 (5): 590–593.
5. Minyaylo L.A., Korchina T.Ya., Korchin V.I. Korrelyatsionnye svyazi mezhdu sodержaniem khimicheskikh elementov v volosakh u zhiteley Nyagani i Nefteyuganska i ikh kontsentratsiy v pit'evoy vode [Correlation between chemical elements in the hair of Nyagan and Nefteyugansk residents and concentration of chemical elements in drinking water]. *Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala*. 2019; 3: 19–24 (in Russian).
6. Dudarev A.A., Dushrina E.V., Alloyarov P.R. 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.
7. Nelson L., Valle J., King G., Richadson M.J., Roberts E.M., Smith D., English P. Estimating the Proportion of Children Cancer Cases and Costs Attributable to the Environment in California. *Am. J. Public Health*. 2017; 107: 756–762.
8. Uspenskaya E.V., Syroeshkin A.V., Pletneva T.V. Water as a complex mineral: trace elements, isotopes and the problem of incoming mineral elements with drinking water: Abstracts 4 International FESTEM Symposium on trace elements and minerals in medicine and biology. *Trace elements in medicine*. 2010; 11 (2): 50.
9. Carneiro M.F.H., Moresco M.B., Chagas G.R., de Oliveira Souza V.C., Rhoden C.R., Barbosa Jr.F. Assessment of trace elements in scalp hair of a young urban population in Brazil. *Biological trace elements research*. 2011; 143 (2): 815–824.
10. Rapant S., Cvecková V., Fajčíková K., Dietzová Z., Stehlíková B. Chemical composition of groundwater/drinking water and oncological disease mortality in Slovak Republic. *Environmental Geochemistry and Health*. 2017; 39 (1): 191–208. DOI: org/10.3390/ijerph14030278.
11. Skalny A.V., Skal'naya M.G., Tinkov A.A. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. *Environmental monitoring and assessment*. 2015; 187 (11): 1–8.
12. *Analiz sushchestvuyushchego sostoyaniya sistem vodosnabzheniya v razreze munitsipal'nykh obrazovaniy Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry i ikh naseleennykh punktov s opisaniem tekhnologii ochistki vody i otrazheniem osnovnykh problem, ne pozvolyayushchikh obespechit' neobkhodimyy uroven' kachestva pit'evoy vody v sootvetstvi s ustanovlennymi trebovaniyami: otchet* [Analysis of water supply systems in Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra and its settlements. Description of water treatment technology, identification of main problems that prevent from ensuring the required level of drinking water quality as dictated by the established requirements: Report]. 2018. 218 (in Russian).
13. *O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga v 2018 godu: doklad* [Sanitary and epidemiological well-being of Yamalo-Nenets Autonomous Okrug residents in 2018: Report]. 2019. 243 (in Russian).
14. Korchin V.I., Minyaylo L.A., Korchina T.Ya. Soderzhanie khimicheskikh elementov v vodoprovodnoy vode gorodov Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga s razlichnoy ochistkoy pit'evoy vody [Chemical elements in the drinking tap water in the cities of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug with different methods of drinking water treatment]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*. 2018; 6 (2): 188–197. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.21.188 (in Russian).
15. Kovshov A.A., Novikova Yu.A., Fedorov V.N., Tikhonova N.A. Otsenka riskov narusheniy zdorov'ya, svyazannykh s kachestvom pit'evoy vody, v gorodskikh okrugakh Arkticheskoy zony Rossiyskoy federatsii [Assessment of health risks associated with drinking water quality in urban districts of the Arctic zone in the Russian Federation]. *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*. 2019; 16 (2): 215–222. DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222 (in Russian).

16. Egorova N.A., Kanatnikova N.V. Vliyanie zheleza v pit'evoy vode na zabolevaemost' naseleniya g. Orla [Correlation of iron in drinking water with population morbidity in Orel]. *Gigiena i sanitariya*. 2017; 96 (11): 1049–1053.
17. Yakubova I.Sh., Mel'tser A.V., Erastova N.V., Bazilevskaya E.M. Gigienicheskaya otsenka obespechennosti naseleniya Sankt-Peterburga bezopasnoy, bezvrednoy i fiziologicheski polnotsennoy pit'evoy vodoy [Hygienic assessment of providing St. Petersburg residents with safe, harmless and physiologically high-grade drinking water]. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 8: 21–25 (in Russian).
18. Gorbachev A.L. Nekotorye problemy biogeokhimii severnykh territoriy Rossii [Some biogeochemical problems of the northern territories of Russia]. *Mikroelementy v meditsine*. 2018; 19 (4): 3–9. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-4-3-9 (in Russian).
19. Gromova O.A., Torshin I.Yu., Gusev E.I. (red.), Zakharova I.N. (ed.). *Vitamin D – smena paradigm* [Vitamin D and a paradigm shift]. Moscow: GEOTAR-Media; 2017. 576 (in Russian).
20. Murphy E., Williams D. Hypocalcaemia. *Medicine*. 2009; 37 (9): 465–468.
21. Fischer V., Haffner-Luntzer M., Amling M. Calcium and vitamin D in bone fracture healing and post-traumatic bone turnover. *Eur. Cell. Mater.* 2018; 35: 365–385.
22. Holick M.F. The vitamin D deficiency pandemic: approaches for diagnosis, treatment and prevention. *Rev. Endocr. Metab. Disord.* 2017; 18: 153–165.
23. Jolliffe D.A., Hanifa Y., Witt D., Venton T.R., Rowe M., Timms P.M. Environmental and genetic determinants of vitamin D status among older adults in London, UK. *Steroid Biochem. Mol. Biol.* 2016; 164: 30–35.
24. Korchina T.Ya., Sukhareva A.S., Korchin V.I., Lapenko V.V. Obespechennost' vitaminom D zhenshchin Tyumenskogo Severa [Vitamin D supply for women in Tyumen]. *Ekologiya cheloveka*. 2019; 5: 31–36. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-9-831-834 (in Russian).
25. Zhang W., Iso H., Ohira T. Study Group. Associations of dietary magnesium intake with mortality from cardiovascular disease: the JACC study. *Atherosclerosis*. 2012; 221: 587–595.
26. Tarmaeva I.Yu., Lemeshevskaya E.P., Pogorelova I.G., Melerzanov A.V., Tarmaeva N.A. Elementnyy status detey Baykal'skogo regiona [Elemental status of children in the Baikal region]. *Mikroelementy v meditsine*. 2019; 20 (4): 41–50. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-4-41-50 (in Russian).
27. Gröber U., Schmidt J., Kisters K. Magnesium in Prevention and Therapy. *Nutrients*. 2015; 7 (9): 8199–226.
28. Halliwell B. Free radicals and antioxidants: updating a personal view. *Nutr. Rev.* 2012; 70 (5): 257–265.
29. Liguori I., Russo G., Curcio F., Bulli G., Aran L., Della-Morte D., Gargiulo G., Testa G., Cacciatore F., Bonaduce D., Abete P. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging*. 2018; 13: 757–772. DOI: 10.2147/CIA.S158513.

Received 11 May 2020; accepted 25 August 2020.

Information about the authors

Lapenko Vladislav Vladislavovich, Postgraduate Student, Chair of Medical and Biological Chemistry, Khanty-Mansiysk State Medical Academy. 628011, Russia, Khanty-Mansiysk, Mira Street, 40; e-mail: vladislav.lapenk@rambler.ru, ORSID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5731-0486>.

Bikbulatova Lyudmila Nikolaevna, Post-graduate Student, Chair of Normal and Pathological Physiology, Khanty-Mansiysk State Medical Academy. 628011, Russia, Khanty-Mansiysk, Mira Street, 40; e-mail: bik-lud@yandex.ru, ORSID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1711-6259>.

Ternikova Elena Mikhaylovna, Post-graduate Student, Chair of Medical and Biological Chemistry, Khanty-Mansiysk State Medical Academy. 628011, Russia, Khanty-Mansiysk, Mira Street, 40; e-mail: vladislav.lapenk@rambler.ru, ORSID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2775-2512>.

For citation

Lapenko V.V., Bikbulatova L.N., Ternikova E.M. Ekologo-fiziologicheskaya otsenka khimicheskogo sostava vodoprovodnoy vody gorodov Khanty-Mansiysk i Salekhard [Ecological and physiological assessment of chemical composition of drinking tap water in Khanty-Mansiysk and Salekhard]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*. 2020; 3: 159–167. DOI: 10.34014/2227-1848-2020-3-159-167 (in Russian).