

СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДОПРОВОДНОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ОЧИСТКИ (на примере городов Ханты-Мансийского автономного округа)

*В.И. Корчин**, *Л.А. Миняйло**, *Т.Я. Корчина**

*Ханты-Мансийская государственная медицинская академия
(г. Ханты-Мансийск)

Питьевая вода – незаменимый источник жизненно важных химических элементов, присутствующих в ней в виде легко всасываемых биологически доступных двухвалентных ионов. Наряду с пищей, вода является одним из звеньев пищевой цепи, по которой химические элементы поступают в организм человека. В связи с этим элементный состав природной питьевой воды уникален для конкретной местности и может стать одним из определяющих факторов макро- и микроэлементного статуса организма человека. Методом атомно-адсорбционной спектрометрии проведен анализ химического состава водопроводной воды городов Ханты-Мансийского автономного округа: 100 проб из городов Сургута и Ханты-Мансийска (с качественной безреагентной очисткой питьевой воды) и 100 проб из городов Нефтеюганска и Нягани (с некачественной очисткой питьевой воды и добавлением хлора с целью обеззараживания). Концентрацию свободного остаточного хлора определяли по ГОСТ 18190–72 методом титрования с метиловым оранжевым. Полученные результаты сравнивали с ПДК в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074–01. Установлены очень низкие концентрации жизненно важных химических элементов Ca, Mg, Cu, Zn и Se во всех пробах питьевой воды округа независимо от способа очистки. В городах с некачественной очисткой водопроводной воды обнаружено превышение ПДК Fe и Mn в большинстве проб и Cl в 10 % проб питьевой воды. Выраженный дефицит биоэлементов Ca, Mg, Se, Cu, Zn в сочетании с избыточной концентрацией Fe, Mn и Cl может служить одной из причин широкой распространенности заболеваний сердечно-сосудистой и опорно-двигательной систем, онкологических заболеваний и пр. С целью профилактики развития заболеваний, связанных с дисбалансом химических элементов в питьевой воде, рекомендована повсеместная безреагентная ее очистка и обогащение эссенциальными химическими элементами, в частности Ca и Mg, в виде премиксов.

Ключевые слова: северный регион, питьевая вода, качество питьевой воды, очистка водопроводной воды, химические элементы.

Ответственный за переписку: Корчин Владимир Иванович, адрес: 628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, д. 40; e-mail: vikhmgmi@mail.ru

Для цитирования: 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) // Журн. мед.-биол. исследований. 2018. Т. 6, № 2. С. 188–197. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.2.188

Водной стратегией, принятой Правительством РФ на период до 2020 года, обеспечение гарантированного доступа населения к доброкачественной питьевой воде признается задачей общегосударственного масштаба. Тем не менее проблема снабжения населения питьевой водой надлежащего качества по-прежнему остается одной из определяющих для многих регионов страны и требует комплексного решения. Важнейшим условием динамичного развития общества является достаточное количество воды и ее безопасность (токсикологическая и микробиологическая) [1].

Доказано, что взаимосвязанными компонентами биосферы являются живое вещество и геохимическая среда. При этом между содержанием химических элементов в геохимической среде и живых организмах складываются уникальные причинно-следственные взаимосвязи. Одним из звеньев природных биогеохимических цепей является человек. Установлено, что благодаря переносу водной средой осуществляется миграция и перераспределение химических элементов в биосфере. Питьевая вода является незаменимым источником жизненно важных микроэлементов. Кальций, магний, железо и другие химические элементы присутствуют в воде в виде биологически доступных и легко всасываемых двухвалентных ионов. В связи с этим соотношение в питьевой воде макро- и микроэлементов является первичным звеном, определяющим адекватность адаптации живых систем к факторам среды обитания. Поэтому макро- и микроэлементный состав природной питьевой воды отдельной территории уникален и может стать определяющим фактором элементного состава организма человека.

В современной системе водопользования важную роль играют подземные воды. Прогнозные ресурсы питьевых и технических

подземных вод России очень велики – они оцениваются в 869,1 млн м³/сут. Более 2/3 их количества применено в хозяйственно-питьевом водоснабжении, что обеспечивает расход в 98 л/сут на человека [2, 3]. Масштабы и значимость безопасного использования подземных вод для коммунального водоснабжения приобретают все большее значение в связи с резким ухудшением качества поверхностных водотоков, а в ряде регионов – и их недостаточным количеством. В последние десятилетия изменилось представление о высоком качестве подземных вод, их абсолютной защищенности от негативных внешних воздействий.

Основными источниками питьевой воды в городах и населенных пунктах Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) являются подземные воды, подвергнутые различной очистке. Так, в городах Сургуте и Ханты-Мансийске подземная вода из артезианских скважин подвергается обезжелезиванию методом глубокой аэрации и обеззараживанию на установках ультрафиолетового излучения. В городах Нефтеюганске и Нягани вода из артезианских скважин подвергается лишь обеззараживанию с добавлением соединений хлора¹. Многочисленными исследованиями выявлено наличие прямой корреляционной зависимости между концентрациями двухвалентных металлов (Ca и Mg), а также Fe, Cu, Mn, Zn и др. в волосах обследованных лиц, проживающих на данной территории, и в питьевой воде [4]. Ранее нами было показано, что элементный статус жителей ХМАО характеризуется недостатком эссенциальных химических элементов Ca, Mg, Cu, Se и др. Помимо несбалансированности пищевых рационов, это может быть связано и с дефицитом данных биоэлементов в питьевой воде, т. к. их поступление в организм человека именно из питьевой воды происходит практически в полном объеме [5, с. 63]. Соответственно,

¹О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2015 году: гос. докл. / Управление Роспотребнадзора по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре; ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре». Ханты-Мансийск, 2016. 181 с.

установленный дефицит многих элементов в организме человека вполне объясним. Выявлены достоверные зависимости между физиологическим превышением концентрации Mn и ростом распространенности заболеваний костно-мышечной и мочеполовой систем, осложнений беременности и родов; повышенным содержанием Fe в питьевой воде и развитием аллергических реакций, болезней крови; пониженной минерализацией воды и заболеваниями сердечно-сосудистой системы [4, 6].

Цель исследования – гигиеническая оценка факторов риска питьевой воды систем централизованного водоснабжения городов ХМАО.

Материалы и методы. Исследовательскими лабораториями филиалов ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ХМАО – Югре» в рамках мониторинга и проведения производственного контроля были исследованы 200 проб питьевой воды из разводящей сети централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в городах ХМАО – Югры: 100 проб в городах с качественной очисткой питьевой воды (Сургут, Ханты-Мансийск) и 100 проб в городах с некачественной ее очисткой (Нефтеюганск, Нягань). Бессрочные аттестаты аккредитации лабораторий: в г. Ханты-Мансийске – РОСС RU. 0001.510428 от 31.03.2016 г.; в г. Сургуте – РОСС RU.0001.510429 от 06.04.2016 г.; в г. Нефтеюганске – РОСС RU. 0001.510821 от 06.04.2016 г.; в г. Нягань – RA.RU.21АД34 от 26.12.2016 г.

Пробы питьевой воды отбирали из водопроводного крана в специальные пластиковые пробирки через 3-5 мин после открытия крана. Содержание химических элементов: железа (Fe), марганца (Mn), кальция (Ca), магния (Mg), меди (Cu), цинка (Zn) и селена (Se) в пробах воды оценивали методом атомно-адсорб-

ционной спектрометрии – на спектрометре «КВАНТ – Z.ЭТА-Т» (Россия). Определение свободного остаточного хлора (Cl) выполняли по ГОСТ 18190–72² методом титрования с метиловым оранжевым. При сопоставлении концентраций химических элементов в пробах питьевой воды с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) использовали данные СанПиН 2.1.4.1074–01³.

Результаты исследования подвергали статистической обработке с применением программ «Statistica 8.0» и «Excel 2013». Проводили оценку достоверности найденных различий для средних значений в группах (M) с использованием непараметрического U -критерия (Манна–Уитни). В качестве дополнительных характеристик использовали медиану (Me), минимальное (min) и максимальное (max) значения. Статистически достоверными считали различия, у которых вероятность возможной ошибки была меньше 5 % ($p < 0,05$).

Результаты. Содержание химических элементов в питьевой воде ХМАО соответствует нормативам по обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся на территории России, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение, однако содержание таких жизненно важных элементов, как Ca, Mg, Cu, Se, Zn значительно ниже ПДК (табл. 1).

В результате анализа установлено, что содержание химических элементов в различных пробах питьевой воды и зонах исследования колеблется в широких пределах, что обусловлено как принадлежностью источников водоснабжения к различным подземным заборам воды, так и различной степенью изношенности водопроводных магистралей. Средние значения концентрации Fe и Mn в питьевой

²ГОСТ 18190–72. Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора. Введ. 1974–01–01. Доступ из справ. системы «NormaCS».

³СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Введ. 2002–01–01. М., 2002.

Таблица 1

**КОНЦЕНТРАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОБАХ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ ($n = 200$)
ГОРОДОВ ХМАО – ЮГРЫ (мг/л)**

Элемент	ПДК	Сургут и Ханты-Мансийск ($n = 100$, качественная очистка воды)			Нефтеюганск и Нягань ($n = 100$, некачественная очистка воды)			p
		$M \pm m$	Me	min-max	$M \pm m$	Me	min-max	
Fe	0,3	0,22±0,01	0,20	0,01-0,89	0,78±0,1	0,59	0,01-5,98	0,000
Mn	0,1	0,05±0,001	0,038	0,01-0,18	0,17±0,04	0,04	0,001-4,3	0,003
Ca	70	10,4±0,36	10,7	6,15-12,8	11,5±0,55	11,45	9,4-22,0	0,096
Mg	42	8,8±0,41	9,65	4,45-12,4	9,2±0,12	10,1	7,55-11,7	0,350
Cu	1,0	0,34±0,07	0,32	0,02-0,51	0,41±0,08	0,42	0,03-0,61	0,511
Zn	5,0	0,05±0,008	0,05	0,01-0,07	0,07±0,009	0,07	0,06-0,08	0,098
Se	10 ¹	0,10±0,01	0,10	0,08-0,13	0,11±0,01	0,12	0,08-0,14	0,480
Cl	0,5	0,01±0,0007	0,01	0-0,02	0,35±0,024	0,23	0-9,5	0,000

Примечание: ¹ – содержание в мкг/л; p – значимость различий между городами.

воде городов Сургута и Ханты-Мансийска соответствовали ПДК, в то время как подобные показатели в водопроводной воде в городах с некачественной очисткой питьевой воды (Нефтеюганск, Нягань) значительно превышали ПДК (по Fe – в 2,6 раза, а по Mn – в 1,7 раза) и оказались достоверно выше аналогичных значений в городах ХМАО с каче-

ственной очисткой водопроводной воды (Fe – $p < 0,001$; Mn – $p = 0,003$).

Анализ концентрации химических элементов в отдельных пробах питьевой воды, взятой в городах ХМАО, показал превышение ПДК различной степени выраженности только в 9 пробах исследуемой воды в Сургуте и Ханты-Мансийске и в 65 – в Нефтеюганске и Нягани (табл. 2).

Таблица 2

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОБ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ ($n = 200$) ГОРОДОВ ХМАО – ЮГРЫ
ПО ОТНОШЕНИЮ К ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫМ КОНЦЕНТРАЦИЯМ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (%)**

Элемент	Сургут и Ханты-Мансийск ($n = 100$)				Нефтеюганск и Нягань ($n = 100$)			
	Ниже ПДК		Выше ПДК		Ниже ПДК		Выше ПДК	
	умеренно	значительно	умеренно	значительно	умеренно	значительно	умеренно	значительно
Fe	59	32	4	5	23	12	26	39
Mn	17	75	8	–	8	48	24	20
Ca	–	100	–	–	–	100	–	–
Mg	–	100	–	–	–	100	–	–
Cu	7	93	–	–	28	72	–	–
Zn	–	100	–	–	–	100	–	–
Se	–	100	–	–	–	100	–	–
Cl	–	100	–	–	18	72	7	3

Обсуждение. Одно из направлений исследований на современном этапе развития гигиены окружающей среды в нашей стране связано с разработкой и использованием интегральной оценки качества питьевой воды. Современные подходы к медико-экологической оценке качества питьевой воды базируются на параметрах безвредности ее химического состава, благоприятности органолептических показателей, эпидемиологической безопасности, а также физиологической полноценности [7].

Возможность негативного влияния некачественной питьевой воды на состояние здоровья и заболеваемость населения установлена во многих исследованиях как в России, так и за рубежом [8]. Одним из ключевых аспектов, связанных с воздействием водного фактора и требующих комплексного решения для сохранения здоровья населения, является несбалансированность макро- и микроэлементного состава питьевой воды в ряде регионов РФ. Данная проблема актуальна и для ХМАО [9].

Железо – жизненно необходимый химический элемент, главная роль которого – обеспечение организма кислородом и участие в большинстве окислительно-восстановительных реакций организма. Доказано, что как дефицит элемента, так и его избыточное накопление в организме оказывает негативное влияние на состояние здоровья человека. Проявлениями избытка Fe могут быть отложение его в тканях и органах, сидероз, повышенная утомляемость, слабость, рост риска развития атеросклероза, заболеваний печени, артритов, диабета и т. д., угнетение иммунитета, повышение риска развития инфекционных и злокачественных заболеваний.

Исследованиями установлено, что избыток Fe, поступающего с пищей в хелированном состоянии, не оказывает негативного действия. Однако Fe, поступающий в комплексе с другими загрязнителями в организм человека, может проявить свойства иммунодепрессанта. Повышенное содержание Fe в организме может вызвать угнетение иммунной резистентности и потенцировать повышение общей заболеваемости у населения ХМАО. Помимо этого, до-

казано, что избыточная Fe нагрузка чревата риском возникновения опухолей [10, с. 166].

Марганец – жизненно важный микроэлемент, принимающий участие в регуляции метаболизма костной и соединительной тканей, в свертывании крови. Он является кофактором следующих ферментов: трансферазы, гидролазы, лиазы, супероксиддисмутазы, аргиназы, глутаминсинтетазы. Кроме того, Mn участвует в синтезе и обмене нейромедиаторов. По аналогии с Fe, дефицит или избыток Mn в организме человека негативно отражается на его функционировании. При избыточном поступлении в организм Mn оказывает токсическое действие [11, с. 21; 12]. Многочисленными исследованиями установлено, что длительное избыточное поступление в организм Mn может явиться причиной ухудшения усвоения Fe (антагониста Mn) и, соответственно, развития железодефицитного состояния [13].

При избыточном поступлении Mn в организм нарушается функционирование кальциевых каналов, т. к. внеклеточный Ca^{2+} устремляется внутрь клетки, что провоцирует ее гибель [12]. Избыточные концентрации Mn потенцируют повреждение ЦНС, нарушают функционирование системы крови, иммунной, костной и выделительной систем, ЖКТ, провоцируют нарушение обменных процессов. Усиление процессов перекисного окисления липидов и снижение антиоксидантной защиты организма потенцируют развитие окислительного стресса, который лежит в основе патогенеза более чем 100 заболеваний, что может вызвать рост заболеваемости жителей, употребляющих питьевую воду подобного минерального состава [10, 14, 15].

С понятием «физиологическая полноценность» связаны оптимизационные подходы к оценке элементного состава питьевых вод: определяется способность находящихся в воде биоэлементов удовлетворять потребность в них организма. Физиологическую полноценность питьевой воды в первую очередь отражают минимально необходимые и оптимальные концентрации биоэлементов, а не максимально допустимое содержание минеральных солей.

Мы не выявили достоверных различий концентраций двух жизненно важных макроэлементов – Ca и Mg в питьевой воде городов ХМАО. Во всех случаях зарегистрирован физиологически несбалансированный минеральный состав питьевой воды с низким уровнем содержания Ca ($10,4 \pm 0,36$ мг/л – Сургут, Ханты-Мансийск и $11,5 \pm 0,55$ мг/л – Нефтеюганск, Нягань, при рекомендуемых нормативах 50–70 мг/л) и Mg ($8,8 \pm 0,41$ мг/л – Сургут, Ханты-Мансийск и $9,2 \pm 0,12$ мг/л – Нефтеюганск, Нягань, при рекомендуемых 25–35 мг/л) [1]. Важно подчеркнуть, что во всех пробах питьевой воды, взятой на территории ХМАО – Югры, содержание Ca и Mg было значительно ниже ПДК.

Кальций и магний относятся к металлам с не переменной валентностью, и их достаточное поступление и нормальный обмен в организме рассматриваются как важный защитный антионкологический барьер. Магний участвует в энергетическом обмене клеток. «Энергетический голод» клетки провоцирует развитие сахарного диабета II типа, ожирения, опухолей, преимущественно в пожилом возрасте. Низкий уровень как Ca, так и Mg в питьевой воде ассоциирован с повышенным риском смерти от рака пищевода и печени, а хронический дефицит Mg имеет выраженные корреляции с опухолями желудка, гортани, раком языка, кожи, шейки матки. Итак, двухвалентные катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} оказывают иммуномодулирующее действие как на естественные киллерные клетки (ЕКК), так и на опухолевые клетки, обеспечивая полноценную кооперацию в ЕКК-лизисе [10]. Установлено, что на территориях, жители которых потребляют маломинерализованные питьевые воды, среднегодовой за 10 лет уровень впервые зарегистрированных заболеваний системы кровообращения имел сильную достоверную положительную связь с низкими показателями оптимальности (содержания солей Ca и Mg) [1]. Важно, что наличие даже умеренной гипомagneзмии может повышать риск развития заболеваний в отдаленные периоды жизни [16, 17].

По аналогии с вышеназванными химическими элементами, не было выявлено межгрупповых достоверных различий концентрации Cu и

Zn в городах ХМАО. Содержание данных химических элементов в подавляющем большинстве проб питьевой воды оказалось значительно ниже ПДК. Медь и цинк, являясь эссенциальными микроэлементами, входят в состав антиоксидантных ферментов: медь- и цинкзависимой супероксиддисмутазы. Человек потребляет данные биоэлементы в первую очередь с продуктами питания. В связи с этим питьевая вода не является приоритетным путем поступления Cu и Zn по пищевым путям в организм человека [18, с. 288, 254].

В нашем исследовании установлена очень низкая концентрация эссенциального микроэлемента Se во всех пробах водопроводной воды ХМАО: в 100 раз ниже ПДК. Селен обладает мощной антиоксидантной активностью. Недостаточное поступление Se с пищей в организм человека вызывает снижение продолжительности жизни, угнетение иммунитета, потенцирует развитие йододефицитного состояния [19]. Доказано, что противоопухолевое действие Se может быть не связано с антиоксидантной функцией этого микроэлемента. Установлено, что Se стимулирует активность ЕКК, тем самым подавляя ЕКК-чувствительные опухоли [10, с. 332–337]. Доказана эффективность Se в терапии рака груди [20, 21].

Средние концентрации остаточного Cl в питьевой воде всех городов ХМАО не превышали ПДК. При этом в пробах водопроводной воды городов с качественной очисткой питьевой воды (Сургут, Ханты-Мансийск) они были в 50 раз ниже ПДК, а в пробах питьевой воды городов с некачественной ее очисткой (Нефтеюганск, Нягань) – только в 1,4 раза ($p < 0,001$). Анализ содержания остаточного Cl в пробах питьевой воды ХМАО показал, что концентрация данного химического элемента во всех пробах питьевой воды городов Сургута и Ханты-Мансийска была значительно ниже ПДК. В то же время в 10 % проб водопроводной воды городов Нефтеюганска и Нягани выявлено превышение концентрации Cl различной степени выраженности.

Одним из доминирующих факторов, способствующих развитию раковых и сердечно-

сосудистых заболеваний, является употребление воды ненадлежащего качества. Показана достоверная связь раковых заболеваний с хлорированными веществами [20]. Кроме того, установлено, что присутствие в питьевой воде остатков продуктов гиперхлорирования способствует увеличению тяжелых, атипичных и осложненных форм заболеваний со склонностью к рецидивированию и устойчивостью к проводимому лечению [21].

Питьевая вода ХМАО – типично «северного» типа с выраженным дефицитом эссенциальных элементов – может явиться уникальным субстратом для обогащения минеральными компонентами. В процессе употребления питьевую воду такого химического состава можно насыщать комплексом биоэлементов в виде премиксов, содержащих биологически активные компоненты, необходимые жителям данной территории. В этом случае обогащенная минеральными веществами вода может стать естественным транспортером эссенциальных химических элементов в органы и ткани [2, 4, 22].

Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы:

1. Во всех пробах питьевой воды ХМАО, независимо от способа очистки водопроводной воды, обнаружены очень низкие концентрации жизненно важных химических элементов Ca, Mg, Cu, Zn и Se. В городах с некачественной очисткой водопроводной воды установлено превышение ПДК по Fe и Mn в

большинстве проб питьевой воды, в то время как в пробах воды из водопроводной сети городов с оптимальной очисткой концентрация вышеназванных химических элементов не превышала ПДК.

2. Физиологически несбалансированный минеральный состав питьевой воды ХМАО способствует формированию патологических изменений в организме: развитию микроэлементного дисбаланса, снижению иммунитета и возникновению сердечно-сосудистой, эндокринной патологии, заболеваний опорно-двигательного аппарата, зубочелюстной системы, почек и др., значительно более выраженных в городах, поселках и пр. с некачественной очисткой питьевой воды.

3. Повышенное содержание в питьевой воде Cl и хлорорганических соединений может потенцировать отрицательные эффекты со стороны практически всех органов и систем организма жителей населенных пунктов, где в качестве обеззараживания используется хлорирование воды.

4. С целью профилактики заболеваний, связанных с дисбалансом химических элементов в водопроводной воде и некачественной ее очисткой, рекомендовано: 1) с целью обеззараживания питьевой воды использовать современные безреагентные методы; 2) в процессе употребления насыщать воду комплексом биоэлементов в виде премиксов, в частности кальцием и магнием.

Список литературы

1. Якубова И.Ш., Мельцер А.В., Ерастова Н.В., Базилевская Е.М. Гигиеническая оценка обеспечения населения Санкт-Петербурга безопасной, безвредной и физиологически полноценной питьевой водой // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94, № 4. С. 21–25.
2. Эльпинер Л.И. Медицинская гидрогеология – междисциплинарный раздел науки о подземных водах // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 9. С. 800–805.
3. Эльпинер Л.И. Современные медико-экологические аспекты учения о подземных водах // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94, № 6. С. 39–46.
4. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Особенности состава питьевой воды Магадана и здоровья населения // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 3. С. 241–246.
5. Нифонтова О.Л., Корчин В.И., Власова С.В., Корчина Т.Я., Корчина И.В., Меркулова Н.Н., Лобова В.А. Эколого-физиологический портрет коренного населения ХМАО-Югры. Ханты-Мансийск: Юграфика, 2012. 209 с.

6. Зайцева Н.В., Трусов П.В., Шур П.З., Кирьянов Д.А., Чигвинцев В.М., Цинкер М.Ю. Методические подходы к оценке риска воздействия разнородных факторов среды обитания на здоровье населения на основе эволюционных моделей // Анализ риска здоровью. 2013. № 1. С. 15–23.
7. Красовский Г.Н., Рахманин Ю.А., Егорова Н.А. Гигиеническое обоснование оптимизации интегральной оценки питьевой воды по индексу качества воды // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94, № 5. С. 5–10.
8. Мудрый И.В. Влияние минерального состава воды на здоровье населения (обзор) // Гигиена и санитария. 1999. № 1. С. 15–18.
9. Корчина Т.Я. Корреляционные связи между концентрацией химических элементов в волосах аборигенов Тюменского Севера и их содержанием в природных водах региона // Вестн. восстан. медицины. 2008. № 5а(28). С. 38–42.
10. Кудрин А.В., Громова О.А. Микроэлементы в иммунологии и онкологии. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 548 с.
11. Bouchard M.F., Sauvé S., Barbeau B., Legrand M., Brodeur M.È., Bouffard T., Limoges E., Bellinger D.C., Mergler D. Intellectual Impairment in School-Age Children Exposed to Manganese from Drinking Water // Environ. Health Perspect. 2011. Vol. 119. P. 138–143.
12. Гончаренко А.В., Гончаренко М.С. Механизмы повреждающего действия токсических концентраций марганца на клеточном и субклеточном уровнях // Біологічний вісник МДПУ. 2012. № 2. С. 47–57.
13. Kwik-Uribe C., Smith D.R. Temporal Responses in the Disruption of Iron Regulation by Manganese // J. Neurosci. Res. 2006. Vol. 83, № 8. P. 1601–1610.
14. Toxicological Profile for Manganese. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Register, 2008.
15. Henn B.C., Schnaas L., Ettinger A.S., Schwartz J., Lamadrid-Figueroa H., Hernández-Avila M., Amarasiwardena C., Hu H., Bellinger D.C., Wright R.O., Téllez-Rojo M.M. Associations of Early Childhood Manganese and Lead Coexposure with Neurodevelopment // Environ. Health Perspect. 2011. № 120. P. 126–131.
16. Chiuve S.E., Korngold E.C., Januzzi J.L. Jr., Gantzer M.L., Albert C.M. Plasma and Dietary Magnesium and Risk of Sudden Cardiac Death in Women // Am. J. Clin. Nutr. 2011. Vol. 93, № 2. P. 253–260.
17. Kirii K., Iso H., Date C., Fukui M., Tamakoshi A., JACC Study Group. Magnesium Intake Risk of Self-Reported Type 2 Diabetes Among Japanese // J. Am. Coll. Nutr. 2010. Vol. 29, № 2. P. 99–106.
18. Оберлиз Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука, 2008. 542 с.
19. Michalska-Mosiej M., Socha K., Soroczyńska J., Karpińska E., Łazarczyk B., Borawska M.H. Selenium, Zinc, Copper, and Total Antioxidant Status in the Serum of Patients with Chronic Tonsillitis // Biol. Trace Elem. Res. 2016. Vol. 173, № 1. P. 30–34.
20. Shah Y.M., Kaul A., Dong Y., Ip C., Rowan B.G. Attenuation of Estrogen Receptor α (ER α) Signaling by Selenium in Breast Cancer Cells via Downregulation of ER α Gene Expression // Breast Cancer Res. Treat. 2005. Vol. 92, № 3. P. 239–250.
21. Lee S.O., Nadiminty N., Wu X.X., Lou W., Dong Y., Ip C., Onate S.A., Gao A.C. Selenium Disrupts Estrogen Signaling by Altering Estrogen Receptor Expression and Ligand Binding in Human Breast Cancer Cells // Cancer Res. 2005. Vol. 65, № 8. P. 3487–3492.
22. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Сбоев А.С. Медико-профилактические технологии управления риском нарушений здоровья, ассоциированных с воздействием факторов среды обитания // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 1. С. 17–22.

References

1. Yakubova I.Sh., Mel'tser A.V., Erastova N.V., Bazilevskaya E.M. Gigenicheskaya otsenka obespecheniya naseleniya Sankt-Peterburga bezopasnoy, bezvrednoy i fiziologicheskoi polnotsennoy pit'evoy vodoy [Hygienic Evaluation of the Delivery of Physiologically Wholesome Drinking Water to the Population of St. Petersburg]. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 4, pp. 21–25.
2. El'piner L.I. Meditsinskaya gidrogeologiya – mezhdistsiplinarnyy razdel nauki o podzemnykh vodakh [Medical Hydrogeology Is an Independent Interdisciplinary Branch of the Science About Groundwater]. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 9, pp. 800–805.

3. El'piner L.I. Sovremennyye mediko-ekologicheskie aspekty ucheniya o podzemnykh vodakh [Modern Medical Ecological Aspects of Theory of Fresh Groundwater Resources]. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 6, pp. 39–46.
4. Lugovaya E.A., Stepanova E.M. Osobennosti sostava pit'evoy vody Magadana i zdorov'ya naseleniya [Features of the Content of Drinking Water in the City of Magadan and Population Health]. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 3, pp. 241–246.
5. Nifontova O.L., Korchin V.I., Vlasova S.V., Korchina T.Ya., Korchina I.V., Merkulova N.N., Lobova V.A. *Ekologo-fiziologicheskiy portret korennoy naseleniya KhMAO-Yugry* [Ecological and Physiological Portrait of the Indigenous Population of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra]. Khanty-Mansiysk, 2012. 209 p.
6. Zaytseva N.V., Trusov P.V., Shur P.Z., Kir'yanov D.A., Chigvintsev V.M., Tsinker M.Yu. Metodicheskie podkhody k otsenke riska vozdeystviya raznorodnykh faktorov sredi obitaniya na zdorov'e naseleniya na osnove evolyutsionnykh modeley [Methodical Approaches to Health Risk Assessment of Heterogeneous Environmental Factors Based on Evolutionary Models]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2013, no. 1, pp. 15–23.
7. Krasovskiy G.N., Rakhmanin Yu.A., Egorova N.A. Gigienicheskoe obosnovanie optimizatsii integral'noy otsenki pit'evoy vody po indeksu kachestva vody [Hygienic Justification of Optimization of the Integrated Assessment of Drinking Water According to the Water Quality Index]. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 5, pp. 5–10.
8. Mudryy I.V. Vliyanie mineral'nogo sostava vody na zdorov'e naseleniya (obzor) [Influence of Mineral Composition of Water on Public Health (Review)]. *Gigiena i sanitariya*, 1999, no. 1, pp. 15–18.
9. Korchina T.Ya. Korrelyatsionnye svyazi mezhdru kontsentratsiyey khimicheskikh elementov v volosakh aborigenov Tyumenskogo Severa i ikh sodержaniem v prirodnykh vodakh regiona [Correlations Between the Concentration of Chemical Elements in the Hair of Natives of the Tyumen North and Their Content in the Region's Natural Waters]. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny*, 2008, no. 5a, pp. 38–42.
10. Kudrin A.V., Gromova O.A. *Mikroelementy v immunologii i onkologii* [Trace Elements in Immunology and Oncology]. Moscow, 2007. 548 p.
11. Bouchard M.F., Sauvé S., Barbeau B., Legrand M., Brodeur M.È., Bouffard T., Limoges E., Bellinger D.C., Mergler D. Intellectual Impairment in School-Age Children Exposed to Manganese from Drinking Water. *Environ. Health Perspect.*, 2011, vol. 119, pp. 138–143.
12. Goncharenko A.V., Goncharenko M.S. Mekhanizmy povrezhdayushchego deystviya toksicheskikh kontsentratsiy margantsa na kletochnom i subkletochnom urovnyakh [Mechanisms of Damaging Effect of Manganese in Toxic Concentrations on Cellular and Subcellular Levels]. *Biologichnyy visnik MDPU*, 2012, no. 2, pp. 47–57.
13. Kwik-Urbe C., Smith D.R. Temporal Responses in the Disruption of Iron Regulation by Manganese. *J. Neurosci. Res.*, 2006, vol. 83, no. 8, pp. 1601–1610.
14. *Toxicological Profile for Manganese*. Atlanta, 2008.
15. Henn B.C., Schnaas L., Ettinger A.S., Schwartz J., Lamadrid-Figueroa H., Hernández-Avila M., Amarasiwardena C., Hu H., Bellinger D.C., Wright R.O., Téllez-Rojo M.M. Associations of Early Childhood Manganese and Lead Coexposure with Neurodevelopment. *Environ. Health Perspect.*, 2011, no. 120, pp. 126–131.
16. Chiuve S.E., Korngold E.C., Januzzi J.L. Jr., Gantzer M.L., Albert C.M. Plasma and Dietary Magnesium and Risk of Sudden Cardiac Death in Women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2011, vol. 93, no. 2, pp. 253–260.
17. Kirii K., Iso H., Date C., Fukui M., Tamakoshi A., JACC Study Group. Magnesium Intake Risk of Self-Reported Type 2 Diabetes Among Japanese. *J. Am. Coll. Nutr.*, 2010, vol. 29, no. 2, pp. 99–106.
18. Oberlitz D., Kharland B., Skal'nyy A. *Biologicheskaya rol' makro- i mikroelementov u cheloveka i zhivotnykh* [The Biological Role of Minerals and Trace Elements in Humans and Animals]. St. Petersburg, 2008. 542 p.
19. Michalska-Mosiej M., Socha K., Soroczyńska J., Karpińska E., Łazarczyk B., Borawska M.H. Selenium, Zinc, Copper, and Total Antioxidant Status in the Serum of Patients with Chronic Tonsillitis. *Biol. Trace Elem. Res.*, 2016, vol. 173, no. 1, pp. 30–34.
20. Shah Y.M., Kaul A., Dong Y., Ip C., Rowan B.G. Attenuation of Estrogen Receptor α (ER α) Signaling by Selenium in Breast Cancer Cells via Downregulation of ER α Gene Expression. *Breast Cancer Res. Treat.*, 2005, vol. 92, no. 3, pp. 239–250.
21. Lee S.O., Nadiminty N., Wu X.X., Lou W., Dong Y., Ip C., Onate S.A., Gao A.C. Selenium Disrupts Estrogen Signaling by Altering Estrogen Receptor Expression and Ligand Binding in Human Breast Cancer Cells. *Cancer Res.*, 2005, vol. 65, no. 8, pp. 3487–3492.
22. Zaytseva N.V., Ustinova O.Yu., Sboev A.S. Mediko-profilakticheskie tekhnologii upravleniya riskom narusheniya zdorov'ya, assotsirovannykh s vozdeystviem faktorov sredi obitaniya [Medical and Preventive Technologies of the Management of the Risk of Health Disorders Associated with Exposure to Adverse Environmental Factors]. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 1, pp. 17–22.

DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.2.188

*Vladimir I. Korchin**, *Larisa A. Minyaylo**, *Tat'yana Ya. Korchina**

*Khanty-Mansiysk State Medical Academy (Khanty-Mansiysk, Russian Federation)

THE CHEMICAL COMPOSITION OF TAP WATER WITH DIFFERENT QUALITY OF PURIFICATION (Exemplified by the Cities of Khanty-Mansi Autonomous Area)

Drinking water is an indispensable source of vital chemical elements present in it in the form of easily absorbable bioavailable divalent ions. Along with food, water is one of the links in the food chain, through which chemical elements enter the human body. Thus, the chemical composition of natural drinking water is exclusive to a specific area and can be one of the determining factors of the mineral and trace element status of the human body. The chemical composition of tap water in the cities of Khanty-Mansi Autonomous Area was analysed using atomic absorption spectrometry: 100 samples from the cities of Surgut and Khanty-Mansiysk (with high-quality nonchemical purification of drinking water) and 100 samples from the cities of Nefteyugansk and Nyagan (with poor-quality purification and subsequent chlorination). The concentration of free residual chlorine was determined according to the Russian State Standard (GOST 18190–72) by titration with methyl orange. The results obtained were compared with the maximum acceptable concentrations according to the Russian Sanitary Rules and Regulations (SanPiN 2.1.4.1074–01). Very low concentrations of such vital chemical elements as Ca, Mg, Cu, Zn and Se were determined in all drinking water samples of the area under study, irrespective of the purification method. In cities with poor-quality water purification, the values of Fe and Mn in most samples and Cl in 10 % of samples exceeded the maximum acceptable concentrations. Pronounced deficiency of such bioelements as Ca, Mg, Se, Cu and Zn in combination with high concentrations of Fe, Mn and Cl can be among the contributors to the high prevalence of cardiovascular and musculoskeletal diseases as well as cancers. In order to prevent the development of conditions associated with mineral imbalance in drinking water, we recommend its countrywide nonchemical purification and enrichment with essential chemical elements, in particular, with Ca and Mg in the form of premixes.

Keywords: *northern region, drinking water, drinking water quality, tap water purification, chemical elements.*

Поступила 05.10.2017
Received 5 October 2017

Corresponding author: Vladimir Korchin, *address:* ul. Mira 40, Khanty-Mansiysk, 628011, Russian Federation; *e-mail:* vikhmgmi@mail.ru

For citation: Korchin V.I., Minyaylo L.A., Korchina T.Ya. The Chemical Composition of Tap Water with Different Quality of Purification (Exemplified by the Cities of Khanty-Mansi Autonomous Area). *Journal of Medical and Biological Research*, 2018, vol. 6, no. 2, pp. 188–197. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.2.188