

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОЛОС ЖИТЕЛЕЙ ГОРОДОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ СИБИРИ С РАЗЛИЧНОЙ ОЧИСТКОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

© 2019 г. Л. А. Миняйло

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

Цель исследования – определить концентрацию биоэлементов в волосах жителей Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО), проживающих в городах с различной очисткой питьевой воды. *Методы*. Изучен элементный состав волос 84 (54,2 %) жителей городов Сургут и Ханты-Мансийск, где проводится качественная очистка водопроводной воды, и 71 (45,8 %) жителя городов Нефтеюганск и Нягань, где водопроводная вода подвергается некачественной очистке. Методами атомной эмиссионной спектрометрии (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии (МС-ИСП) с индуктивно связанной аргоновой плазмой на приборах Optima 2000 DV и ELAN 9000 в АНО «Центр биотической медицины» (Москва) в волосах в составе 25 химических элементов определяли концентрацию: железа (Fe), марганца (Mn), кальция (Ca), магния (Mg), меди (Cu), цинка (Zn) и селена (Se). Полученный цифровой материал обрабатывали с использованием программы MS Excel и STATISTICA 8.0. *Результаты*. В волосах у жителей городов с некачественной очисткой питьевой воды выявлены статистически значимо более высокие показатели концентрации Fe и Mn ($p < 0,001$) и более низкие – Se ($p = 0,012$). Показатели концентрации Ca, Mg и Cu в обеих группах жителей ХМАО были сопоставимы, а распространенность дефицита микроэлементов, входящих в состав антиоксидантных ферментов, встречалась чаще среди жителей городов с некачественной очисткой питьевой воды: Zn в 1,5, а Se почти в 2 раза. *Выводы*. Выявлен более выраженный дисбаланс элементного гомеостаза у населения, употребляющего питьевую воду неблагоприятного химического состава. Это может свидетельствовать о неполноценности у них ферментных комплексов, обеспечивающих антиоксидантную защиту организма, что может лежать в основе формирования хронических форм патологии.

Ключевые слова: северный регион, питьевая вода, биоэлементы, антиоксидантная защита организма

ELEMENTAL COMPOSITION OF HUMAN HAIR IN NORTH-WESTERN SIBERIAN CITIES WITH DIFFERENT DRINKING WATER QUALITY

L. A. Minyailo

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

The *aim* of the study was to assess elemental composition of hair of residents of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug (Khanty-Mansi Autonomous Okrug) living in cities with different quality of drinking water. *Methods*. The elemental composition of hair was studied in 84 residents of Surgut and Khanty-Mansiysk cities with high-quality drinking water, and in 71 residents of Nefteyugansk and Nyagan - cities with low-quality drinking water. The concentration of 25 chemical elements in the hair including iron (Fe), manganese (Mn), calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), zinc (Zn) and selenium (Se) was assessed using atomic emission spectroscopy (AES-ICP) and mass spectrometry (MS-ICP) with inductively coupled argon plasma on Optima 2000 DV and ELAN 9000 instruments at the INPO "Center for Biotic Medicine" (Moscow). Data were analyzed using MS Excel and STATISTICA 8.0. *Results*. Significantly higher concentrations of Fe and Mn ($p < 0,001$) and lower concentrations of Se ($p = 0,012$) were revealed in the hair of residents of cities with low-quality drinking water. The concentration indices of Ca, Mg, and Cu in all cities were similar. The prevalence of Zn and Se deficiency in cities with low-quality drinking water was 1.5 and twice as high compared to areas with high quality drinking water. *Conclusions*. Residents of cities with low quality drinking water have less favourable concentrations of studied elements in hair. This may be associated with lower antioxidant protection which in turn may be associated with greater prevalence of chronic diseases in these cities.

Key words: northern region, drinking water, trace elements, antioxidant protection of the body

Библиографическая ссылка:

Миняйло Л. А. Элементный состав волос жителей городов Северо-Западной Сибири с различной очисткой питьевой воды // Экология человека. 2019. № 11. С. 4–11.

Minyailo L. A. Elemental Composition of Human Hair in North-Western Siberian Cities with Different Drinking Water Quality. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 11, pp. 4-11.

Проблема всестороннего изучения и гигиенической оценки различных факторов, оказывающих влияние на здоровье населения, сложна и многогранна. К этим факторам относятся: окружающая среда, образ жизни и поведения, трудовая деятельность и такие важные показатели, как качество жизни, состояние экосистем, медицинское обеспечение. Общеизвестно,

что вклад состояния окружающей среды в здоровье населения составляет 25–30 % [24, 29]. Одним из важных факторов окружающей среды, участвующих в формировании здоровья и качества жизни населения, является питьевая вода [1, 13]. Известно, что на одного гражданина Российской Федерации приходится в 10 раз большее количество воды, чем

в среднем на одного жителя Земли. Несмотря на то, что Россия является водной державой, проблема обеспечения ее населения доброкачественной питьевой водой вызывает серьезную озабоченность [13, 18]. К сожалению, в стране не проводятся исследования, позволяющие оценить бремя болезней, связанных с питьевой водой. Это обусловлено сложностью вычисления вклада водного фактора в общую химическую нагрузку. Соответственно одним из приоритетных направлений развития профилактической медицины является проведение репрезентативных по выборке эпидемиологических исследований с системным исследованием биомаркеров [13].

Проблема установления связи между воздействием факторов окружающей среды и состоянием здоровья населения является одной из наиболее актуальных и сложных в современной профилактической медицине. Одно из приоритетных направлений в комплексных исследованиях по установлению доказательных причинно-следственных зависимостей, выявлению риска здоровью населения – проведение биологического мониторинга контаминантов и их метаболитов в биосредах населения. Именно прямые методы определения химических соединений в биологических средах являются неоспоримым доказательством неблагоприятного воздействия на здоровье населения [16, 17].

В последнее время все больший интерес представляет исследование волос для выявления состояния обмена микроэлементов в организме и токсического воздействия отдельных тяжелых металлов. Волосы – «минеральный образ», который пропорционален составу всего организма. Определение химических элементов в волосах служит объективным показателем состояния организма. Волосы имеют ряд преимуществ по сравнению с другими биосубстратами: неинвазивность метода, простота забора материала, возможность хранения при комнатной температуре в течение неограниченного времени, более высокая концентрация микроэлементов по сравнению с другими биообъектами (кровь, моча). Многочисленными авторами установлено, что практическая значимость сведений об особенностях элементного портрета жителей отдельных регионов крайне важна для понимания причин распространения экозависимых заболеваний и демографической ситуации в регионе. Отечественные и зарубежные научные коллективы занимаются изучением функционирования химических элементов, их роли в патогенезе различных заболеваний и поиском путей коррекции патологических состояний. Однако все чаще изучение элементного статуса становится инструментом обширных скрининговых исследований здорового населения [16, 17, 21–23].

Одним из перспективных направлений современной медицинской науки является изучение «элементного портрета» населения как в популяции

вообще, так и популяционных выборках. Многочисленными исследованиями установлено наличие прямой корреляции между концентрацией химических элементов в волосах жителей и концентрацией в питьевой воде территории их проживания [7, 17].

Цель исследования – изучить концентрации биоэлементов в волосах жителей городов Ханты-Мансийского автономного округа, расположенного на территории Северо-Западной Сибири, с различной очисткой питьевой воды.

Методы

Объектом исследования явились 155 жителей Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО), не занятых в производственной сфере: 56 (36,1 %) мужчин и 99 (63,9 %) женщины. Средний возраст ($38,3 \pm 8,9$) года. В городах Сургуте и Ханты-Мансийске, где проводится качественная очистка водопроводной воды (в артезианской воде снижается концентрация железа методом глубокой аэрации и обеззараживается без применения химических реагентов при помощи ультрафиолетового облучения и озонирования), проживали 84 (54,2 %) обследованных лица. Остальные 71 (45,8 %) обследованных были жителями городов Нефтеюганска и Нягани, где для питьевого водоснабжения использовали водопроводную воду из артезианских скважин, прошедшую некачественную очистку (только обеззараживание с использованием гипохлорита кальция) [4].

Настоящее исследование проведено с соблюдением требований биомедицинской этики и сопровождалось добровольно полученным письменным информированным согласием обследуемых лиц.

Методами атомной эмиссионной спектроскопии (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии (МС-ИСП) с индуктивно связанной аргонной плазмой на приборах Optima 2000 DV и ELAN 9000 (Perkin Elmer Corp., США) в АНО «Центр биотической медицины» (Москва) в волосах в составе 25 химических элементов определяли концентрацию: железа (Fe), марганца (Mn), кальция (Ca), магния (Mg), меди (Cu), цинка (Zn) и селена (Se). Забор волос производился с затылочной части головы [6]. Правомерность и эффективность использования волос для оценки элементного статуса организма в целом доказана результатами нескольких международных координационных программ, выполненных под эгидой Международного агентства по атомной энергии.

В качестве референтных величин концентраций элементов использованы среднероссийские показатели [15]. Полученный цифровой материал обрабатывали с помощью программы MS Excel и STATISTICA 8.0. Вычисляли среднюю арифметическую (M), среднее квадратичное отклонение (σ), в качестве мер рассеивания параметров с ненормальным распределением и наличием ряда экстремальных значений использовали 25 и 75 перцентили. Значимость различий изучаемых параметров анализировали с применением

критерия Манна – Уитни для непараметрических величин: за статистически значимые принимали различия при $p < 0,05$.

Результаты

В табл. 1 представлены показатели концентрации в волосах Fe, Mn, Ca, Mg, Cu, Zn и Se у обследованных лиц городов Ханты-Мансийского автономного округа с различной очисткой питьевой воды. Средние величины концентрации Fe в волосах жителей Нефтеюганска и Нягани оказались выше верхнего предела физиологически оптимальных значений и более чем в 2,5 раза превышали аналогичный показатель у жителей Сургута и Ханты-Мансийска ($p < 0,001$).

В табл. 2 показана распространенность дефицитов и избытков химических элементов в волосах городов ХМАО с различной очисткой водопроводной воды.

Средние величины содержания Mn в волосах обеих групп обследованных лиц северного региона превышали верхнюю границу физиологически оптимальной концентрации элемента в волосах. Однако это превышение имело значительные межгрупповые различия: у жителей городов ХМАО с некачественной очисткой питьевой воды – более чем в 5 раз, а в городах с качественной ее очисткой только в 1,5 раза и статистически значимо различались между собой ($p < 0,001$) (см. табл. 1).

Средние показатели содержания Ca в волосах в обеих группах обследованных лиц ХМАО находились в диапазоне физиологических величин, но ближе к нижней границе нормы. При этом статистически значимых межгрупповых различий не выявлено (см. табл. 1). Примерно одинаково распределились обследованные лица и по степени выраженности дефицита и избытка химических элементов (см. табл. 2).

Аналогичная картина наблюдается и в отношении второго щелочноземельного металла – Mg (см. табл. 1, 2). При этом привлекают внимание более низкие величины концентрации как Ca, так и Mg в волосах жителей Сургута и Ханты-Мансийска. Это может быть результатом более жесткой очистки водопроводной воды по сравнению с Няганью и Нефтеюганском. Важно отметить, что избыточное содержание в волосах именно Ca и Mg может свидетельствовать об их ускоренном выведении из организма [16].

Концентрация Cu и Zn в волосах обследованных лиц обеих групп находилась в диапазоне оптимальных значений, однако ближе к нижней границе физиологической нормы. Межгрупповых различий выявлено не было. При этом средние величины содержания данных биоэлементов, входящих в состав антиоксидантных ферментов: медь- и цинкзависимая супероксиддисмутаза в волосах жителей Сургута и

Таблица 1
Концентрация химических элементов в волосах жителей Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, мкг/г

Элемент	Диапазон физиологических колебаний	Жители Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (n = 155)						p
		Нефтеюганск и Нягань (n = 71)			Сургут и Ханты-Мансийск (n = 84)			
		M±σ	Me	25↔75	M±σ	Me	25↔75	
Fe	7–70	52,3±8,5	39	35,7↔89,0	20,6±1,4	18,7	15,5↔48,7	< 0,001
Mn	0,15–2,00	11,3±1,9	8,9	2,5↔12,9	3,1±0,3	2,5	1,8↔5,1	< 0,001
Ca	250–4000	978,0±74,5	562	354↔1321	899,0±61,4	489	268↔1156	0,410
Mg	25–500	175,0±23,6	98	65↔431	152,0±10,3	123	59↔398	0,348
Cu	9–50	14,9±1,2	12	7,6↔22,5	18,4±1,7	13,6	8,2↔35,1	0,106
Zn	140–500	204,0±11,5	194	147↔259	237,0±12,4	214	165↔382	0,056
Se	0,2–2,0	0,40±0,01	0,4	0,1↔0,8	0,46±0,02	0,42	0,14↔0,92	0,012

Таблица 2
Распределение обследованных лиц Ханты-Мансийского автономного округа – Югры по степени обеспеченности биоэлементами

Химический элемент	Жители Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (n = 155)							
	Нефтеюганск и Нягань (n = 71/100)				Сургут и Ханты-Мансийск (n = 84/100)			
	Норма	Дефицит 1–2 ст.	Избыток 1–2 ст.	Избыток 3–4 ст.	Норма	Дефицит 1–2 ст.	Избыток 1–2 ст.	Избыток 3–4 ст.
Fe	37/52,1	2/2,8	15/21,1	17/24	63/75	4/4,8	7/8,3	10/11,9
Mn	34/47,9	–	20/28,1	17/24	62/73,8	2/2,4	9/10,7	11/13,1
Ca	49/69	17/24	5/7	–	56/66,7	21/25	7/8,3	–
Mg	53/74,6	7/9,9	11/15,5	–	63/75,0	9/10,7	12/14,3	–
Cu	59/83,1	8/11,3	4/5,6	–	71/84,5	10/11,9	3/3,6	–
Zn	56/78,9	15/21,1	–	–	67/79,8	12/14,3	5/5,9	–
Se	57/80,3	14/19,7	–	–	75/89,3	9/10,7	–	–

Ханты-Мансийска превышали в 1,2 раза подобные показатели у жителей Нефтеюганска и Нягани (см. табл. 1). Кроме того, распространенность дефицита Zn среди жителей Нефтеюганска и Нягани встречалась в 1,5 раза чаще, чем среди обследованных лиц Сургута и Ханты-Мансийска (см. табл. 2).

Содержание главного микроэлемента антиоксидантной защиты организма человека — Se [20–28] оказалось статистически значимо выше ($p = 0,012$) в группе жителей городов с качественной очисткой питьевой воды по сравнению с населением ХМАО, проживающим в городах с некачественной ее очисткой (см. табл. 1), а распространенность дефицита данного биоэлемента наблюдалась почти в 2 раза реже (см. табл. 2).

У подавляющего большинства обследованных лиц содержание Cu, Zn и Se в волосах соответствовало оптимальным значениям, дефицит и избыток этих биоэлементов характеризовал элементный статус различного количества обследованных лиц ХМАО (см. табл. 2). Таким образом, средние величины концентрации Fe и Mn в волосах жителей городов с некачественной очисткой питьевой воды были статистически значимо выше аналогичных показателей у жителей городов с качественной очисткой воды. Средние значения содержания Ca, Mg, Cu, Zn и Se в обеих группах обследованных лиц находились в диапазоне референтных величин, но ближе к нижней границе нормы. Установлены более высокие концентрации в волосах биоэлементов, входящих в антиоксидантные ферменты, а именно: Cu, Zn и Se в волосах жителей городов ХМАО с качественной очисткой питьевой воды по сравнению с населением городов, где очистка водопроводной воды проводится некачественно.

Обсуждение результатов

Расположенный на территории Северо-Западной Сибири Ханты-Мансийский автономный округ вносит весомый вклад в экономику страны мощнейшим топливно-энергетическим комплексом, лесной и рыбной промышленностью и многим другим. При этом по совокупности климатических характеристик территории Севера могут быть отнесены к зоне дискомфортных природно-климатических условий проживания [5]. Известно, что геохимическая среда и живое вещество — это взаимозависимые компоненты биосферы. В биогеохимическом круговороте между содержанием химических элементов во внешней (геохимической) среде и внутренней среде живых организмов складываются сложные причинно-следственные связи. Человек является одним из звеньев природных биогеохимических цепей. Однако элементный состав организма человека как биосоциального существа зависит как от геохимического окружения (комплекса природных факторов), так и от социально-экологических факторов, в частности от особенностей водно-пищевых рационов. Учитывая социально обусловленную миграцию пищевых продуктов

и использование населением привозных продуктов из других биогеохимических территорий, определяющей компонентой внешней среды, формирующей своеобразие регионального фона населения, является питьевая вода. Химические элементы, поступающие в организм с питьевой водой, могут составлять существенную часть суточного рациона. Питьевая вода является незаменимым источником эссенциальных макроэлементов и легко всасываемых. Это справедливо прежде всего в отношении Ca, Mg, а также Fe, Mn и некоторых других химических элементов при их избыточных концентрациях в питьевой воде [9, 11]. В связи с этим влияние водного фактора приобретает всё большее значение. Вода и соотношение в ней растворённых макро- и микроэлементов выступают в качестве первичного звена, определяющего адекватность адаптации живых организмов к факторам геохимической среды.

Химический состав природной воды является уникальным для конкретной местности, и минеральный состав питьевой воды может быть определяющим фактором элементного состава организма. В настоящее время также установлено, что недостаток определённых химических элементов в почве (а соответственно и в воде) приводит к пониженному уровню этих элементов в организме людей, проживающих в данной местности, и к тем или иным заболеваниям. Оценивая особенности ХМАО в отношении водной среды, следует выделить повсеместное распространение маломинерализованных ультрапресных вод с низким содержанием ионов Ca и Mg, а также значительное повсеместное превышение нормативных показателей по Fe и Mn [8, 10–12].

Для организма человека в отношении каждого макро- и микроэлемента существуют пределы, понижение или повышение которых не проходит бесследно, вызывая определенные физиологические сдвиги или патологические состояния. Результаты наших исследований подтверждают представленные В. Ю. Серповым материалы, которые свидетельствуют о прямой корреляционной зависимости между концентрациями Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn в волосах детей и в питьевой воде [14]. У жителей городов с некачественной очисткой водопроводной воды средние значения концентрации Fe и Mn значительно превышали верхнюю границу физиологически оптимальных величин. В то же время у населения ХМАО, проживающего в городах с качественной очисткой питьевой воды, средние значения Fe находились в диапазоне референтных величин, а Mn — незначительно их превышали.

Для человека очень важна оптимальная обеспеченность жизненно важными химическими элементами, к которым относятся в первую очередь Fe, Mn, Ca, Mg, Cu, Zn и Se [17, 26]. Как дефицит, так и избыток данных биоэлементов отрицательно сказывается на здоровье человека. Общеизвестна роль Fe в обеспечении организма человека кислородом,

функционировании иммунной и нервной систем и пр. В то же время избыточное поступление неорганического Fe в организм человека может повлечь за собой снижение иммунологической резистентности и выступать в роли прооксиданта. Важно отметить, что органическое Fe, поступающее в организм человека в хелатированном состоянии с пищей, не оказывает отрицательного действия [16, 17].

Марганец является безусловным жизненно важным химическим элементом: необходим для синтеза нуклеотидов, входит в активный центр многих ферментов, в том числе и антиоксидантных, важен для репродуктивной функции, необходим для оптимальной работы иммунной системы и центральной нервной системы, построения костей и хрящей и пр. При этом Mn обладает мощной склонностью к кумуляции, что подтверждается в нашем исследовании превышением референтных значений средних величин в обеих группах обследованных лиц ХМАО. Это обусловлено постоянным поступлением в организм Mn, содержащегося в избыточном количестве в питьевой воде [10].

Наряду с общерезорбтивным действием Mn характеризуется развитием специфических эффектов повреждающего действия со стороны центральной нервной системы, системы крови, желудочно-кишечного тракта, почек, костной системы, иммунной системы, окислительно-антиоксидантных и обменных процессов, что может вызвать рост заболеваемости населения в явных и скрытых формах [10, 17, 19, 25, 27].

Доказано, что физиологический гомеостаз Ca и Mg является обязательным условием здоровья человека. Анализ воды из централизованных источников водоснабжения городов и населенных пунктов ХМАО показал очень низкую концентрацию Ca — в 5 раз ниже оптимального значения, а Mg — в 6 раз ниже [4]. В нашем исследовании средние величины концентрации Ca и Mg в волосах обследованных лиц ХМАО находились в диапазоне физиологически оптимальных значений ближе к нижней границе нормы. При этом более чем у четверти жителей обеих групп выявлено нарушение обеспеченности этими жизненно важными химическими элементами (см. табл. 2).

Являясь основополагающим биоэлементом костной системы, Ca играет важную роль в проведении нервных импульсов, мышечном сокращении, поддержании тонуса сосудов, активизации ряда ферментов, принимающих участие в свертывании крови, обладает антиаллергическим и антистрессовым эффектом, способствует выведению из организма тяжелых металлов, радионуклидов и пр.

Магний необходим всем без исключения системам организма, он «запускает работу» множества ферментов, участвующих в энергетическом, белковом, углеводном и жировом обмене. Только напрямую от Mg зависит 300 биохимических процессов, а косвенно — на несколько порядков больше, среди которых

наиболее известные — реакции трикарбоновых кислот, синтез АТФ, обмена лактата, окисления жирных кислот и др. [9, 17]. Недостаточность Mg у человека может способствовать развитию разнообразных патологических состояний. Среди прочего существенно повышается риск сердечно-сосудистых, неврологических и эндокринных заболеваний. Важно, что наличие даже умеренной гипомагниемии может повышать риск развития заболеваний в отдаленные периоды жизни [30]. Поэтому употребление очень мягкой воды в течение длительного времени нежелательно, так как мягкая вода, проходя через пищеварительный тракт, вымывает не только минеральные вещества, но и полезные органические вещества, в том числе полезные бактерии.

Наименьшие отклонения от показателей физиологически оптимальных величин были обнаружены нами при изучении концентрации Cu и Zn в волосах обследованных лиц северного региона. Стоит отметить, что средние значения вышеназванных биоэлементов по аналогии с Cu и Zn располагались также ближе к нижней границе референтных показателей, а отклонения от их оптимальных концентраций регистрировались чаще у жителей Нефтеюганска и Нягани. Установлено, что Cu и Zn помимо влияния на функционирование практически всех клеток организма [20, 27] входят в активный центр антиоксидантных ферментов: цинк- и медьзависимой супероксиддисмутазы. Исследованиями И. Ш. Якубовой и соавт. [18] доказано, что недостаточное содержание Zn и Cu при избыточной концентрации Fe и Mn способствует формированию патологических изменений в организме человека: вызывают развитие микроэлементного дисбаланса, снижение иммунитета и возникновение сердечно-сосудистой, эндокринной патологии, заболеваний опорно-двигательного аппарата, зубочелюстной системы, почек и др. Это является весьма актуальным именно для городов ХМАО с некачественной очисткой питьевой воды.

В наибольшей степени оказались приближены к нижней границе физиологически оптимальных значений в обеих группах жителей ХМАО показатели обеспеченности главным микроэлементом антиоксидантной системы защиты организма — Se, входящим в состав глутатионпероксидазы, глицинредуктазы, цитохрома C — ведущих антиоксидантных ферментов [28]. Кроме того, в настоящее время установлено, что Se является неотъемлемой частью по крайней мере 25 селенопротеинов, участвующих в регуляции основных метаболических процессов в организме человека и животных. С недостаточностью обеспеченности организма человека Se связывают серьезные нарушения в деятельности сердца, иммунной, эндокринной, нервной и других систем организма.

В нашем исследовании обеспеченность обследованных лиц городов с качественной очисткой питьевой воды была статистически значимо ($p = 0,012$) выше аналогичного показателя у населения

городов ХМАО с некачественной ее очисткой. На первый взгляд, подавляющее число жителей северного региона было адекватно обеспечено Se. Однако, по мнению Н. А. Голубкиной, Т. Г. Папазян [3], оптимальная концентрация Se в волосах составляет 0,7 мкг/г, что почти в 1,75 раза выше показателя концентрации Se в волосах жителей Нефтеюганска и Нягани и более чем в 1,5 раза превышает среднее содержание элемента у жителей Сургута и Ханты-Мансийска. В этой связи показатели содержания данного жизненно важного химического элемента в волосах у 63 (88,7 %) жителей первой группы и у 67 (79,8 %) жителей второй группы оказались ниже оптимальной концентрации.

Исследованиями, проведенными на территории ХМАО в 2004–2005 гг., установлено пониженное содержание Se в почве, воде и местных продуктах питания [2]. В этой связи округ может быть отнесен к селенодефицитным территориям.

Таким образом, полученные результаты указывают на наличие дисбаланса макро- и микроэлементного гомеостаза у населения, употребляющего питьевую воду неблагоприятного минерального состава. Это может свидетельствовать о неполноценности у них ферментных комплексов, обеспечивающих антиоксидантную защиту организма, что может лежать в основе формирования хронических форм патологии. Выявленный характер и степень выраженности микроэлементозов не могут быть полностью скорректированы только за счет упорядочения рациона питания. Для этого необходима разработка и реализация мероприятий по следующим основным направлениям: пополнение рациона продуктами функционального питания и регулярный прием витаминно-минеральных комплексов и индивидуально подобранных биологически активных добавок к пище, способствующих элиминации токсичных элементов и восполнению дефицита жизненно важных химических элементов.

Список литературы

1. Бобун И. И., Иванов С. И., Унгурияну Т. Н., Гудков А. Б., Лазарева Н. К. К вопросу о региональном нормировании химических веществ в воде на примере Архангельской области // Гигиена и санитария. 2011. № 3. С. 91–95.
2. Голубкина Н. А., Корчина Т. Я., Меркулова Н. Н., Песин С. А. Обеспеченность селеном жителей г. Сургута Тюменской области // Экологические системы и приборы. 2004. № 3. С. 48–51.
3. Голубкина Н. А., Папазян Т. Г. Селен в питании: растения, животные, человек. М.: Печатный город, 2006. 254 с.
4. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2015 году. Ханты-Мансийск, 2015. С. 8–26.
5. Гудков А. Б., Попова О. Н., Скрипаль Б. А. Реакция системы внешнего дыхания на локальное охлаждение у молодых лиц трудоспособного возраста // Медицина труда и промышленная экология. 2009. № 4. С. 26–30.

6. Иванов С. И., Подунова Л. Г., Скачков В. Б. и др. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии: метод. указ. (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03). М.: ФЦ ГосСЭН МЗ России, 2003. 56 с.

7. Корчина Т. Я. Корреляционные связи между концентрацией химических элементов в волосах аборигенов Тюменского Севера и их содержанием в природных водах региона // Вестник восстановительной медицины. 2008. № 5а (28). С. 38–42.

8. Корчина Т. Я. Донозологическая диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы у населения северного региона // Экология человека. 2013. № 5. С. 8–13.

9. Корчина Т. Я., Миняйло Л. А., Сухарева А. С. Влияние низкого содержания кальция и магния в питьевой воде на здоровье населения северного региона // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 9. С. 132.

10. Корчина Т. Я., Миняйло Л. А., Корчин В. И. Избыточная концентрация марганца в питьевой воде и риск для здоровья населения северного региона // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 2. С. 28–33.

11. Корчина Т. Я., Миняйло Л. А., Сафарова О. А., Корчин В. И. Сравнительные показатели содержания железа и марганца в волосах у женщин северного региона с различной очисткой питьевой воды // Экология человека. 2018. № 4. С. 4–6.

12. Корчин В. И., Корчина Т. Я., Миняйло Л. А. Содержание химических элементов в водопроводной воде городов Ханты-Мансийского автономного округа с различной очисткой питьевой воды // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. 2018. Т. 6, № 2. С. 188–197.

13. Онищенко Г. Г. Актуальные задачи гигиенической науки и практики в сохранении здоровья населения // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94, № 3. С. 5–9.

14. Серпов В. Ю. Особенности накопления металлов в организме человека // Промышленная безопасность труда. 2002. № 5. С. 32–38.

15. Скальный А. В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО ЦБМ) // Микроэлементы в медицине. 2003. Вып. 4, № 1. С. 55–56.

16. Скальный А. В., Киселев М. Ф. Элементный статус населения России. Ч. 1. Общие вопросы и современные методические подходы к оценке элементного статуса индивида и популяции. СПб.: Медкнига «ЭЛБИ СПб.», 2010. 414 с.

17. Скальный А. В. Микроэлементы. Изд. 4-е, переработ. М.: Фабрика блокнотов, 2018. 295 с.

18. 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. Т. 95, № 8. С. 21–25.

19. Bonnefont-Rousselot D. The role of antioxidant micronutrients in the prevention of diabetic complication // Treat. Endocrinol. 2004. Vol. 3, N.1. P. 41–52.

20. Bouchard M. F., Sauve S., Barbeau B., Legrand M., Brodeur M. E., Bouffard T. et al. Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water // Environ Health Persp. 2011. Vol. 119 (1). P. 138.

21. Cai Y. Determination of select trace elements in hair of college students in Jinzhou, China // Biological trace element research. 2011. Vol. 144 (1–3). P. 469–474.

22. 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. Vol. 143 (2). P. 815–824.

23. Ding Z., Hu X. Ecological and human health risks from metal(loid)s in peri-urban soil in Nanjing, China // *Environ Geochem Health*. 2014. Vol. 36. P. 399–408.

24. Diplock A. T. Antioxidant nutrients and disease prevention: an overview // *Am. J. Clin. Nutr.* 2000. N 73. P. 36–40.

25. Farias A. C., Cunha A., Benko C. R., McCracken J. T., Costa M. T., Farias L. G. et al. Manganese in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: relationship with methylphenidate exposure // *J Child Adol Psychop.* 2010. Vol. 20 (2). P. 113–118.

26. Gammoh N. Z., Rink L. Zinc in Infection and Inflammation // *Nutrients*. 2017. Jun 17; 9 (60). DOI: 10.3390/nu9060624.

27. Menezes-Filho J. A., de Carvalho-Vivas C. F., Viana G. F., Ferreira J. R., Nunes L. S., Mergler D., Abreu N. Elevated manganese exposure and school-aged children's behavior: A gender-stratified analysis // *Neurotoxicology*. 2014. Vol. 45. P. 293–300.

28. Michlska-Mosiej M., Socha K., Soroczynska J., Karpinska E., Lazarczyk B., Borawska M. H. Selenium, Zinc, Copper, and Total Antioxidant Status in the Serum of Patients with Chronic Tonsillitis // *Biological trace element research*. 2016. P. 1–5.

29. Ngole-Jeme V. M., Fantke P. Ecological and human health risks associated with abandoned gold mine tailings contaminated soil // *PLoS One*. 2017. Feb 2, 12 (2). P. e0172517.

30. Zhang W., Iso H., Ohira T. JACC Study Group. Associations of dietary magnesium intake with mortality from cardiovascular disease: the JACC study // *Atherosclerosis*. 2012. Vol. 221. P. 587–595.

References

1. Bobun I. I., Ivanov S. I., Unguryanu T. N., Gudkov A. B., Lazareva N. K. On the issue of regional normalization of chemicals in water as an example of the Arkhangelsk Region. *Gigiena i Sanitariya*. 2011, 3, pp. 91-95. [In Russian]

2. Golubkina N. A., Korchina T. Ya., Merkulova N. N., Pesin S. A. Security selenium residents of the city of Surgut of the Tyumen region. *Ecologicheskie sistemi i priborys* [Environmental systems and devices]. 2004, 3, pp. 48-51. [In Russian]

3. Golubkina N. A., Papazyan T. G. *Selen v pitanii: rasteniia, zhyvotnye, chelovek* [Selenium in food, plants, animals, people]. Moscow, The Printing city Publ., 2006, 254 p.

4. State report on the state sanitary and epidemiological welfare of the population in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug - Yugra in 2015. Hanty-Mansiysk; 2015, pp. 8-26. [In Russian]

5. Gudkov A. B., Popova O. N., Skripal' B. A. External respiration system reaction to local cooling of skin of young able-bodied persons. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2009, 4, pp. 26-30. [In Russian]

6. Ivanov S. I., Podunova L. G., Skachkov V. B. i dr. *Opreделение khimicheskikh ehlementov v biologicheskikh sredakh i preparatakh metodami atomno-ehmissionnoi spektrometrii s induktivno svyazannoi plazmoi i mass-spektrometrii: metod. ukaz. (MUK 4.1.1482-03, MUK*

4.1.1483-03) [Definition of the chemical elements in biological surroundings and preparations by atom-emissions spectrometric analysis with inductive connection's plasma and mass-spectrometric analysis (MUK 4.1.1482-03, MUK 4.1.1483-03)]. Moscow, 2003, 56 p.

7. Korchina T. Ya. Correlation communications between concentration of chemical elements in hair of natives of the Tyumen North and their content in natural waters of the region. *Vestnik vosstanovitel'noi meditsini* [Bulletin of restorative medicine]. 2008, 5a (28), pp. 38-42. [In Russian]

8. Korchina T. Ya. The heart disease donozological diagnostic in population of the North Region. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 5, pp. 8-13. [In Russian]

9. Korchina T. Ya., Minyailo L. A., Sukhareva A. S. Influence of low content of calcium and magnesium in drinking water on the health of the population of the Northern region. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017, 9, p. 132. [In Russian]

10. Korchina T. Ya., Minyailo L. A., Korchin V. I. Excessive manganese concentration in drinking water and the risk to the health of the population of Northern region public. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* [Health and the environment]. 2018, 2, pp. 28-33. [In Russian]

11. Korchina T. Ya., Minyailo L. A., Safarova O. A., Korchin V. I. Comparative indicators of iron and manganese content in hair of women of the Northern region with different purification of drinking water. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 4, pp. 4-6. [In Russian]

12. Korchin V. I., Minyajlo L. A., Korchina T. Ya. The content of chemical elements in tap water in the cities of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug with various purification of drinking water. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta* [Bulletin of the Northern Arctic Federal University]. 2018, 6 (2), pp.188-197. [In Russian]

13. Onishchenko G. G. Actual problems of hygiene science and practice in the preservation of public health. *Gigiena i Sanitariya*. 2015, 94 (3), pp. 5-9. [In Russian]

14. Serpov V. Yu. Features of the accumulation of metals in the human body. *Promyshlennaya bezopasnost' truda* [Industrial safety]. 2002, 5, pp. 32-38. [In Russian]

15. Skal'nyi A. V. Referent significance concentration of chemical elements carried out with AES - ISP methods. *Mikroelementy v meditsine* [Trace elements in medicine]. 2003, 4 (1), pp. 55-56. [In Russian]

16. Skal'nyi A. V., Kiselev M. F. *Elementnyi status naseleniya Rossii. Ch. 1. Obshchie voprosy i sovremennye metodicheskie podkhody k otsenke ehlementnogo statusa individa i populyatsii* [Elemental status of the Russian population. Pt. 1: General issues and current methodical approaches to the estimation of the element status of the individual and the population]. Saint Petersburg, ELBI-SPb. Publ., 2010, 414 p.

17. Skal'nyi A. V. *Mikroehlementy* [Trace Elements]. Ed. 4. Moscow, Notebook Factory Publ., 2018, 295 p.

18. Yakubova I. Sh., Meltzer A. V., Erastova N. V., Bazilevskaya E. M. Hygienic evaluation of the population of St. Petersburg is safe, harmless and physiologically adequate drinking water. *Gigiena i Sanitariya*. 2016, 95 (8), pp. 21-25. [In Russian]

19. Bonnefont-Rousselot D. The role of antioxidant micronutrients in the prevention of diabetic complication. *Treat. Endocrinol.* 2004, 3 (1), pp. 41-52.

20. Bouchard M. F., Sauve S., Barbeau B., Legrand M., Brodeur M. E., Bouffard T. et al. Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water. *Environ Health Persp.* 2011, 119 (1), p.138.

21. Cai Y. Determination of select trace elements in hair of college students in Jinzhou, China. *Biological trace element research*. 2011, 144 (1-3), pp. 469-474.
22. 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), pp. 815-824.
23. Ding Z., Hu X. Ecological and human health risks from metal(loid)s in peri-urban soil in Nanjing, China. *Environ Geochem Health*. 2014, 36, pp. 399-408.
24. Diplock A. T. Antioxidant nutrients and disease prevention: an overview. *Am. J. Clin. Nutr.* 2000, 73, pp. 36-40.
25. Farias A. C., Cunha A., Benko C. R., McCracken J. T., Costa M. T., Farias L. G. et al. Manganese in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: relationship with methylphenidate exposure. *J Child Adol Psychop.* 2010, 20 (2), pp. 113-118.
26. Gammoh N. Z., Rink L. Zinc in Infection and Inflammation. *Nutrients*. 2017, Jun 17; 9 (60). DOI: 10.3390/nu9060624.
27. Menezes-Filho J. A., de Carvalho-Vivas C. F., Viana G. F., Ferreira J. R., Nunes L. S., Mergler D., Abreu N. Elevated manganese exposure and school-aged children's behavior: A gender-stratified analysis. *Neurotoxicology*. 2014, 45, pp. 293-300.
28. Michlska-Mosiej M., Socha K., Soroczynska J., Karpinska E., Lazarczyk B., Borawska M. H. Selenium, Zinc, Copper, and Total Antioxidant Status in the Serum of Patients with Chronic Tonsillitis. *Biological trace element research*. 2016, pp. 1-5.
29. Ngole-Jeme V. M., Fantke P. Ecological and human health risks associated with abandoned gold mine tailings contaminated soil. *PLoS One*. 2017, Feb 2, 12 (2), p. e0172517.
30. Zhang W., Iso H., Ohira T. JACC Study Group. Associations of dietary magnesium intake with mortality from cardiovascular disease: the JACC study. *Atherosclerosis*. 2012, 221, pp. 587-595.

Контактная информация:

Миняйло Лариса Анатольевна – очный аспирант кафедры медицинской и биологической химии БУ ВО ХМАО – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»

Адрес: 628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, д. 40

E-mail: MinyailoLA@yandex.ru