

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКОГО ОКРУЖЕНИЯ
НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС ЖИТЕЛЕЙ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ASSESSMENT OF INFLUENCE OF THE BIOGEOCHEMICAL
PECULIARITIES ON MINERAL STATUS OF PEOPLE
IN THE MAGADAN REGION**

А.П. Бульбан*
A.P. Bulban*

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, Магадан
FED RAS North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute, Magadan, Russia

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Магаданская область, питьевая вода, элементный статус населения

KEYWORDS: Magadan region, drinking water, human mineral status

РЕЗЮМЕ: С целью изучения влияния минерального состава питьевой воды на элементный статус человека проведен сравнительный анализ химического состава питьевой водопроводной воды и волос жителей Магаданской области по содержанию Ca, Mg, Se, Fe, Mn. Показано, что в условиях Магаданской области питьевая вода является постоянно действующим экологическим фактором, оказывающим биогеохимическую нагрузку на жителей региона. Влияние водного фактора определяется низкими концентрациями в воде кальция, магния, селена и, для континентальной территории, повышенным содержанием железа и марганца.

ABSTRACT: To study influence of drinking water on human mineral status, a comparative analysis of drinking water chemical composition and mineral content of human hair in the Magadan region was carried out. Ca, Mg, Se, Fe, Mn content was determined. It was found that in the Magadan region drinking water is a permanent ecological factor, which cause continuous biogeochemical load on the population. This influence is determined by low concentration of Ca, Mg, Se in water over the whole region, and by high concentration of Fe, Mn in water on continental part of the territory.

ВВЕДЕНИЕ

Среди специфических экологических факторов Северо-Востока России (контрастный фотопериодизм, геомагнитные возмущения и др.) наибольшее значение принадлежит химической гетерогенности биосферы, которая связана с мощными выходами на поверхность рудных пород (Чернуха, Кузнецов, 1991; Бердников, 2004). Биогеохимическая среда, отражающая воздействие природно-тех-

ногенных факторов, оказывает определяющее влияние на элементный обмен человека. Общеизвестно, что оптимальная обеспеченность организма макро- и микроэлементами является необходимым условием для нормального функционирования органов и систем. Биогеохимическое влияние окружающей среды на элементный статус человека реализуется посредством воздушного, водного и пищевого факторов. Последний отражает биогеохимические особенности почвенных грунтов, на которых были выращены и/или вскормлены растительные и животные организмы.

Территория Магаданской области, расположенная на северо-востоке России, по природно-климатическим и биогеохимическим параметрам неоднородна и, по отношению к Охотскому морю, делится на приморские и континентальные районы. В пределах морской акватории и прибрежной части области формируется преимущественно равнинный либо низко- и среднегорный рельеф. Континентальная часть области включает в себя горнорудные районы с техногенной нагрузкой на биосферу, в связи с развитием на этой территории горнодобывающей промышленности. Для многих химических элементов поступление в организм человека осуществляется через трофическую цепь за счет употребления человеком животной и растительной пищи, а также природной воды (Перельман, 1982). В условиях Магаданской области питание населения обеспечивается в основном продуктами, завозимыми из Китая, США, а также из Приморья, Сибири и из других областей России. Местная пища представлена лишь морепродуктами (рыба, крабы, кальмары, водоросли) и овощными культурами (картофель, капуста, морковь, помидоры, огурцы). Последние, по отношению к импортируемым овощам, составляют малую часть сельскохозяйственных

* Адрес для переписки: Бульбан Александр Петрович, к.б.н.; E-mail: bulban@mail.ru

товаров, продаваемых на территории области, их продажа, как правило, носит сезонный характер. Морепродукты на рынке сбыта, по крайней мере для жителей приморской территории, представлены в значительно большем количестве. Однако регулярное употребление населением морепродуктов не является распространенным явлением в силу сложившихся социально-экономических причин. Одна из них заключается в высокой рыночной стоимости ценных сортов рыбы, краба и трюбача, что делает «дары моря» малодоступными для широких слоев населения области. Кроме того, слабое развитие рыбообрабатывающей промышленности в регионе не позволяет в широком ассортименте доставлять морепродукты в континентальные районы области. Большая часть вылавливаемой продукции, особенно крабов, креветок, трески, сельди, экспортируется в Японию, Корею, Китай. В этой связи роль местных продуктов питания для человека незначительна, а влияние биогеохимии окружающей среды в Магаданской области на элементный статус населения осуществляется главным образом за счет употребления питьевой (водопроводной) воды, а также через вдыхаемый атмосферный воздух. Изучение вопроса по влиянию химического состава воздуха на элементный статус человека в данной работе не является актуальным, поскольку основная миграция и перераспределение химических элементов в биосфере происходит за счет их переноса водной средой. Вода — это самый универсальный растворитель в природе, которая связывает между собой ее отдельные части, создает условия для миграции химических элементов (Перельман, 1982).

С целью изучения влияния минерального состава питьевой воды на микроэлементный статус человека нами проведен сравнительный анализ химического состава питьевой водопроводной воды и волос жителей по ряду химических элементов: Ca, Mg, Se, Fe, Mn.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методами атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС—ИСП) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (МС—ИСП) были проанализированы образцы волос мужчин и женщин 20—59 лет, проживающих на приморской (Магадан расположен на побережье Охотского моря) и континентальной (п. Ягодное, расположен в 530 км от морского побережья) территориях области. Согласно научным сведениям, химический состав волос наиболее адекватно отражает биогеохимическую нагрузку внешней среды и позволяет оценивать элементный профиль изучаемой популяции (Скальный, 2000; Скальная и др., 2004). Лабораторная часть исследования выполнена в АНО «Центр биотической медицины» (Москва, аттестат аккредитации ГСЭН.RU.ЦОА.311, регистрационный номер в Государственном реестре РОСС RU.0001.513118 от 29 мая 2003 г.). Содержание кальция и магния в воде определяли методом атомной адсорбции и титрова-

нием испытуемых растворов. Уровень микроэлементов (железо, марганец, селен) определяли методом вольтамперометрии на анализаторе ТА-1. Также для сравнения и подтверждения достоверности своих результатов использовали сведения по элементному составу воды, предоставленные ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Магаданской области». Концентрации химических элементов в воде оценивали относительно санитарно-эпидемиологических нормативов СанПиН 2.1.4.1074-01. Содержание макро- и микроэлементов в волосах обследованных жителей сравнивали с показателями нормативных величин — биологически допустимыми уровнями химических элементов в волосах человека (БДУ) (Скальный, 2000, 2002; Скальная и др., 2004). Статистическую обработку данных выполнили с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel. Достоверность различий оценивали по критерию Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Природные воды Магаданской области по своему составу гидрокарбонатно-кальциевые, реже — натриевые. Среди катионов доминирует кальций и сумма щелочных металлов (натрий, калий, магний). По минерализации природные воды классифицируются как ультрапресные (не более 0,5 г/дм³), по жесткости — как очень мягкие (до 1,5 мг-экв/дм³) или мягкие (1,5—3 мг-экв/дм³) (Зайцев, 1986). По нашим данным и по сведениям «Центра гигиены и эпидемиологии в Магаданской области» питьевая водопроводная вода области содержит низкие концентрации магния, кальция, селена. В водосети Магадана уровень кальция в 20—35 раз ниже ПДК, а магния — в 25—40 раз (табл. 1), величина общей жесткости составляет в среднем $0,43 \pm 0,02$ мг-экв/дм³. Для Ягодного сведений по содержанию ионов кальция и магния в воде нет. Однако величина общей жесткости воды в Ягодном составляет не более $2,0 \pm 0,15$ мг-экв/дм³, что предполагает более значительное, по сравнению с Магаданом, но также невысокое содержание ионов кальция и магния в питьевой воде.

Нормальное содержание кальция в организме является принципиально важным для жителей Севера в связи с участием ионов кальция в поддержании температурного гомеостаза. По нашим данным, показатели медианы кальция у жителей области находятся в пределах БДУ (табл. 2). Однако низкие концентрации кальция выявлены у 30% обследованных взрослых жителей области, что может свидетельствовать о недостаточной обеспеченности организма этим макроэлементом. В 13% случаев у женщин п. Ягодного выявлено содержание кальция, превышающее верхнюю границу БДУ (табл. 2). Мы полагаем, что повышенные концентрации кальция в волосах свидетельствуют об увеличении подвижности соединений кальция с усилением его выведения из организма и, соответственно, с повышением вероятности возникновения его дефицита. Исходя из проанализированных величин общей жесткости воды и концентраций кальция в волосах, сле-

Таблица 1. Элементный состав питьевой воды (мг/дм³) населенных пунктов Магаданской области

Элемент	Приморская территория		Континентальная территория		ПДК
	г. Магадан (n = 110)		п. Ягодное (n = 52)		
	Диапазон	M ± m	Диапазон	M ± m	
Ca	1,5–8,5	3,91 ± 0,13	—		140
Mg	0,6–5,1	2,19 ± 0,11	—		85
Fe	0,05–0,4	0,12 ± 0,004	0,05–1,5	0,28 ± 0,07	0,3
Mn	0,01–0,17	0,03 ± 0,003	0,025–0,9	0,27 ± 0,05	0,1
Se	< 0,0001		< 0,0001		0,01

Таблица 2. Показатели медианы содержания некоторых химических элементов (мкг/г) в волосах жителей 20–59 лет Магаданской области

Элемент	Приморская территория		Континентальная территория		Биологически допустимый уровень	
	мужчины n = 55	женщины n = 70	мужчины n = 55	женщины n = 60	нижняя граница	верхняя граница
Ca	307,3	544,8	458,0	624,7	200	2000
Mg	33,3	49,2	34,9	57,0	35	170
Se	0,8	0,7	0,7	1,1	0,8	3
Fe	27,9	20,5	72,4	28,9	15	70
Mn	0,8	1,6	3,8	3,2	0,5	3

дует, что более мягкая питьевая вода, используемая населением приморской территории, обуславливает более низкое содержание кальция в организме. Так, по нашим данным, уровень кальция в волосах у мужчин приморской территории достоверно ниже в 1,5 раза, по сравнению с мужчинами континентальной территории (табл. 3). У женщин достоверных отличий в содержании этого макроэлемента не выявлено, но отмечена тенденция к понижению кальция у жительниц Магадана (табл. 3).

В пищевом рационе современного человека имеется достаточно много разнообразных продуктов питания, богатых магнием, которые могут полностью обеспечить организм человека этим макроэлементом. Согласно многим авторам, содержание магния в волосах адекватно отражает его обмен в организме человека и является показателем обеспеченности этим макроэлементом (Скальная и др., 2004). По нашим данным, достоверных межтерриториальных отличий в содержании магния у жителей области не установлено (табл. 3). Однако дефицит магния выявлен у 50% обследованных жителей области, что свидетельствует о низкой обеспеченности населения магнием. Очевидно, что в условиях низких концентраций солей кальция и магния в воде увеличивается риск формирования в организме дефицита этих макроэлементов, который не компенсируется пищевым рационом. Мы полагаем, что аналогичная закономерность справедлива и для селена, содержание которого в питьевой воде как приморской, так и континентальной территорий крайне низкое и выходит за пределы обнаружения ме-

тодов анализа (табл. 1). На популяционном уровне дефицит селена установлен у 50% обследованных. Медианы по селену, за исключением женщин п. Ягодное, соответствуют нижней границе БДУ (табл. 2). Таким образом, дефицит кальция, магния, селена, обнаруженный у жителей Магаданской области, является закономерным следствием употребления мягкой воды и низкого содержания в ней селена.

Химический состав воды по концентрациям железа и марганца на приморской и континентальной территориях достоверно отличается. Среднее содержание железа и марганца в питьевой воде Магадана ниже ПДК в 4 и 3 раза соответственно. Питьевые воды п. Ягодное по сравнению с Магаданом содержат повышенные концентрации марганца и железа, где средний уровень марганца превышает ПДК в 3 раза, а уровень железа фактически равен ПДК (табл. 1). В отдельных случаях анализируемые пробы питьевой воды п. Ягодное имели высокие концентрации железа, превышающие ПДК в 3 и более раз. По-видимому, межтерриториальные различия химического состава питьевых вод обусловлены геохимическими особенностями исследованных районов. В Магадане водоснабжение полностью обеспечивается поверхностными водами питьевого водохранилища, тогда как в Ягодном водозабор осуществляется преимущественно за счет скважинных подземных вод, химический состав которых в большей степени варьируется и подвергается изменениям, происходящим при выщелачивании металлов из материнских пород. Кроме того, п. Ягодное относится к промышленному золото-

Таблица 3. Содержание некоторых химических элементов (мкг/г) в волосах взрослых жителей 20–59 лет Магаданской области

Элемент	Приморская территория		Континентальная территория	
	мужчины n = 60	женщины n = 70	мужчины n = 55	женщины n = 60
	M ± m			
Ca	349,67 ± 38,25	751,34 ± 68,45	532,91 ± 39,37*	915,65 ± 106,18
Mg	41,14 ± 4,82	84,73 ± 10,73	45,46 ± 5,41	86,91 ± 13,55
Se	1,41 ± 0,21	1,36 ± 0,21	1,02 ± 0,15	1,35 ± 0,11
Fe	39,89 ± 3,59	23,03 ± 2,10	124,44 ± 23,06*	63,59 ± 10,03*
Mn	1,21 ± 0,28	2,83 ± 0,47	5,33 ± 0,83*	4,21 ± 0,52*

* Статистически значимые отличия ($p < 0,01$): между женщинами Магадана и п. Ягодное, между мужчинами г. Магадана и п. Ягодное.

добывающему району. Известно, что при добыче золота горнообогатительные работы могут приводить к существенным воздействиям на природные экосистемы, которые проявляются техногенной трансформацией химического состава почвенного покрова, поверхностных и подземных вод (Бердников, 2004). Мы полагаем, что технологические воды объектов золотодобывающей промышленности, расположенные вблизи п. Ягодного, могут являться дополнительным фактором техногенного воздействия на подземные воды.

В настоящее время известно, что избыток железа и марганца в питьевой воде является экстремальным экологическим фактором для человека, который приводит к аккумуляции железа и марганца в организме. В свою очередь это связано с риском развития определенных экологозависимых патологий у населения (Горбачев, 2007). Так, избыточное поступление железа в организм усиливает пролиферацию опухолевых клеток, снижает иммунную резистентность, способствует развитию инфекций, кардиомиопатии, артропии и возникновению эндокринных расстройств (Поляк-Блажи, 2002). По нашим данным, содержание железа и марганца в волосах жителей континентальной территории достоверно выше ($p < 0,01$) относительно жителей приморских районов (табл. 3). Повышенные концентрации железа и марганца не выявлены у обследованных Магадана. Избыток железа установлен у мужчин и женщин п. Ягодное — в 50% и 28% случаев соответственно. В волосах у 58% мужчин и 54% женщин п. Ягодное обнаружен избыток марганца. Следовательно, химический состав питьевых вод континентальной и приморской территорий оказывает влияние на формирование межтерриториальных отличий микроэлементного статуса населения. Жители исследованной континентальной территории Магаданской области являются группой повышенного риска по развитию гиперэлементозов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях Магаданской области питьевая вода является постоянно действующим экологическим фактором, оказывающим биогеохимическую на-

грузку на жителей региона. Влияние водного фактора определяется низкими концентрациями в воде кальция, магния, селена и, для континентальной территории, повышенным содержанием железа и марганца.

ЛИТЕРАТУРА

- Бердников В.А. Состояние окружающей природной среды и природопользования в Магаданской области и проблемы обеспечения экологической безопасности на ее территории // Материалы II регион. науч.-практ. конф. «Северо-Восток России: прошлое, настоящее, будущее». Т.1. Магадан: изд-во Кордис, 2004. С.163–167.
- Горбачев А.Л. Элементный статус населения в связи с химическим составом питьевой воды // Микроэлементы в медицине. 2007. Т. 7. Вып. 2. С.11–24.
- Зайцев И.К. Гидрогеохимия СССР. Л.: Недра, 1986. 240 с.
- Перельман А.И. Геохимия природных вод. М.: Наука, 1982. 65 с.
- Поляк-Блажи М. Роль железа в канцерогенезе, антиканцерогенный эффект соединений железа. Ч. I. Связь железа с канцерогенезом // Микроэлементы в медицине. 2002. Т. 3. Вып.1. С. 20–28.
- Скальная М.Г., Дубовой Р.М., Скальный А.В. Химические элементы — микронутриенты как резерв восстановления здоровья жителей России. Оренбург. РИК ГОУ ОГУ. 2004. 239 с.
- Скальный А.В. Установление границ допустимого содержания химических элементов в волосах детей с применением центильных шкал // Вестник СПб Гос. мед. академии им. И.И. Мечникова. 2002. № 1–2(3). С. 62–65.
- Скальный А.В. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климато-географических регионов: Дис. докт. мед. наук. М., 2000. 361 с.
- Чернуха А.Д., Кузнецов В.К. Экологические особенности литосферы Крайнего Севера. М., 1991. 14 с.