

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС НАСЕЛЕНИЯ В СВЯЗИ С ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

ELEMENTAL STATUS OF POPULATION IN CONNECTION WITH CHEMISTRY OF DRINKING WATER

А.Л. Горбачев*
A.L. Gorbachev*

Институт физиологии природных адаптаций УрО РАН, Архангельск
Institute of Environmental Physiology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Архангельская область, питьевая вода, элементный статус, дети и подростки

KEYWORDS: Arkhangelsk region, drinking water, element status, children and adolescents

РЕЗЮМЕ: Проведено параллельное изучение минерального состава питьевой воды и элементного статуса детского населения Архангельской области, а также исследование причинных связей между элементным составом внешней и внутренней среды человека в рамках одной биогеохимической территории. Показано, что подземная вода является жесткой в отличие от поверхностных вод, в которых концентрации Ca и Mg находятся на нижнем пределе ПДК. Общим биогеохимическим признаком подземных и поверхностных вод в исследуемом районе является высокое содержание Fe, Mn и низкое содержание P. Показано, что жесткость и минерализация питьевой воды являются определяющим фактором элементного гомеостаза. В волосах всей группы детей выявлено высокое содержание Mn и низкое содержание P. У девочек отмечена аккумуляция Ca, Mg, а у мальчиков – повышенное содержание электролитов (Na, K) и Fe. Во всех питьевых источниках концентрация токсичных элементов, в том числе тяжелых металлов, не превышает ПДК. Однако в организме детей, особенно у мальчиков, отмечено высокое содержание тяжелых металлов (Ni, Cd, Pb). Содержание некоторых эссенциальных элементов (Zn, Se, Cu, Cr) у детей находится в нормативных интервалах, но имеет тенденцию к понижению относительно среднероссийских показателей, что может свидетельствовать о формировании микроэлементного дисбаланса.

ABSTRACT: Mineral content of drinking water and elemental status of children in the Arkhangelsk region was concurrently investigated. Casual connections between element contents of external and internal environment of human organism were also studied in the particular

biogeochemical area. Underground water was found to be hard, contrary to surface water where concentrations of Ca and Mg were within allowable limits. In the region studied, both underground and surface water was rich in Fe, Mn and poor in P. It was demonstrated that hardness and salinity of drinking water are determinative factors for elemental homeostasis. Hair of all investigated children was found to contain much Mn and little P. Girls were also characterized by accumulation of Ca, Mg, while boys – by increased content of Na, K and Fe. In all drinking water sources, concentration of toxic elements including heavy metals was below MAC limit. However in children, especially boys, high body burden of Ni, Cd and Pb was found. Content of some essential elements such as Zn, Se, Cu and Cr in children was within normal range though tended to decline relative to average Russian values, thus possibly evidencing development of a trace element imbalance.

Введение

Реакции организма на дефицит или избыток в окружающей среде химических элементов обусловлены приспособительными механизмами, выработанными в процессе эволюции в условиях изменчивости биогеохимической среды (Жаворонков и др., 1995). 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 (комплекс природных факторов), так и от социально-экологических факторов, в частности, от особенностей

* Адрес для переписки:
Горбачев Анатолий Леонидович,
163045, Архангельск, просп. Ломоносова, 249,
Институт физиологии природных адаптаций УрО РАН

водно-пищевых рационов (Тутельян, 1996; Тутельян и др., 2002; Хотимченко, Спиричев, 2002; Скальная и др., 2004).

Учитывая социально обусловленную миграцию пищевых продуктов и использование населением привозных продуктов из других биогеохимических территорий, определяющей компонентой внешней среды, формирующей своеобразие регионального элементного фона населения, является питьевая вода.

Известно, что основная миграция и перераспределение химических элементов в биосфере происходит за счет их переноса водной средой (Кашин, 1987; He et al., 2005). Вода и соотношение в ней растворенных макро- и микроэлементов выступают в качестве первичного звена, определяющего адекватность адаптации живых организмов к факторам геохимической среды (Шендеров, 2002).

Химический состав природной воды является уникальным для конкретной местности, и минеральный состав питьевой воды может быть определяющим фактором микроэлементного состава организма (Горбачев и др., 2000; Алексеев, 2000; Бульбан, 2005; Серпов и др., 2000, 2005).

Химические элементы, поступающие в организм человека с водой, могут составлять существенную часть суточного рациона (Скальная, Нотова, 2004). Питьевая вода является незаменимым источником эссенциальных макроэлементов, присутствующих в ней в виде двухвалентных ионов, биологически доступных и легко всасываемых (Борисова и др., 2004). Это справедливо, прежде всего, в отношении кальция, магния, а также – железа, марганца, стронция, йода и некоторых других химических элементов при их избыточных концентрациях в питьевой воде. Для некоторых элементов (железо, марганец, фтор) питьевая вода может быть основным источником их поступления в организм (Авцын и др., 1991; Скальный и др., 2004).

В настоящее время в питьевом водоснабжении преобладают подземные воды, представляющие собой антропогенный экстремальный фактор (Сынзыныс и др., 2004). Основными компонентами таких вод, отягощающими здоровье населения, являются высокая жесткость со значительным преобладанием Са над Mg (Stambuk-Giljanovi, Stambuk, 2005) и высокое содержание железа. Этот вывод обоснован выявленными с помощью медико-географического, ландшафтно-картографического и биометрического методов прямыми линейными связями жесткости воды, ее компонентами, содержанием железа с 36 болезнями 1-4, 5-10, 13 классов (Голубев, 1996). Кроме этого, эпидемиологическими исследованиями показана связь между содержанием ряда других элементов в питьевой воде и развитием специфических заболеваний (Жестяников и др., 2004, цит. по: Скальная, Нотова, 2004; Серпов и др., 2005). Следовательно, исследование минерального состава источников питьевого водоснабжения является принципиальным для понимания специфики элементного статуса населения и причин возникновения эндемических

микроэлементозов – заболеваний биогеохимической природы (Авцын и др., 1991; Бабенко, 2001).

В связи с медико-социальной значимостью микроэлементозов исследуются региональные особенности элементного статуса жителей, проводятся интенсивные работы в области биогеохимического картирования, составляются прогнозы развития эндемических заболеваний и разрабатываются научно-практические рекомендации по профилактике нарушений минерального обмена.

В настоящее время отечественная биоэлементология располагает представительным материалом, характеризующим элементный статус населения различных регионов России (Скальный, 2000 а,б; Агаджанян, Скальный, 2001; Demidov, Skalny, 2002; Grabeklis, Skalny, 2003; Скальный и др., 2004). В географическом аспекте наименее изученным остается Север России. Между тем, Север представляет собой огромную полиэлементную биогеохимическую провинцию со сниженными адаптивными возможностями человека, где нарушения минерального обмена носят масштабный характер. Причем потребность в ряде макро- и микроэлементов (магний, медь, фтор, железо, селен) может существенно увеличиваться при холодном воздействии (Панин, 1980; Марачев, Жаворонков, 1987; Авцын и др., 1991; Теддер, 1994; Тутельян и др., 2001), что приводит к их акклиматизационному (метаболическому) дефициту и усугубляет природную недостаточность жизненно важных элементов в организме жителей Севера.

В то время как территория Сибири и Северо-Востока России (Красноярский край, Магаданская область, Чукотка, Республика Саха (Якутия)) в биогеохимическом отношении частично исследованы (Петренко и др., 1998; Горбачев и др., 2000, 2003; Журавская и др., 2003; Никитин, Журавская, 2003; Куркатов и др., 2004; Скальный и др., 2004; Бульбан, 2005), Северо-Запад России (Европейский Север) остается практически неизученным.

Исходя из карты биогеохимического районирования СССР (Ковальский, 1974, 1982), территория Северо-Запада России относится к биогеохимической провинции, дефицитной по кобальту, меди, йоду, селену, кальцию, фосфору. В отдельных субрегионах отмечен избыток стронция. Биогеохимическая характеристика региона предполагает развитие микроэлементозов по кобальту (эндемические анемии, гипо- и авитаминозы В₁₂); меди (эндемические анемии); йоду (эндемический зоб); фтору (флюороз); селену (эндемические миопатии, беломышечная болезнь, иммунодефицитные состояния).

Последующие исследования расширили знания по биогеохимии Северо-Западного региона (Алексеев и др., 2001; Жестяников и др., 2004; Кириллова и др., 2006). Показано, что биогеохимическая среда Европейского Севера, является достаточно экстремальной для проживающего там населения. В частности, у жителей Архангельской области отмечен недостаток кальция, магния, фосфора, йода, фтора, кремния, железа, селена, кобальта, меди и др. элементов (Шацова, Сычева, 1995; Шацова, Маркова, 1997; Айвазова,

Сычева, 1998; Теддер, Жаворонков, 1988; Теддер, 1994; Суханов, 2002; Теддер, Гордиенко, 2002; Добродеева, Жилина, 2004; Максимова, Протасова, 2005; Кубасова и др., 2006), что предполагает возможность проявления «северных» полимикрозлементозов.

Архангельская область в геохимическом отношении является неоднородной, и содержание некоторых элементов (железо, йод, кремний, марганец, фтор, стронций) в биосфере разных территорий области может быть как дефицитным, так и избыточным (Главатских, 1999; Малов, 2002, 2004; Полякова, Малов, 2005). Биогеохимическая гетерогенность территории исключает общий подход при прогнозировании эндемических элементозов и требует дифференцированного подхода при планировании лечебно-профилактических мероприятий по устранению нарушений минерального обмена.

С целью исследования биогеохимического разнообразия Северо-Западного региона России принят биогеохимический скрининг на территории геобиосферного стационара РАН "Ротковец", расположенного на юге Архангельской области. Проведено параллельное изучение минерального состава питьевой воды и элементного статуса жителей, и также исследованы причинные связи между элементным составом внешней и внутренней среды человека в рамках одной биогеохимической территории.

Оценка элементного статуса человека, кроме использования в диагностике элементозов, послужит методологическим инструментом в исследовании фундаментальных вопросов медицинской экологии и решении социально-экологических проблем, влияющих на показатели общественного здоровья.

Материалы и методы

Исследование проведено на юге Архангельской области в пос. Климовская, расположенного на территории стационара «Ротковец». С позиции физико-географического районирования, стационар «Ротковец» расположен на юго-востоке Фенноскандии. В ландшафтном отношении район стационара принадлежит к среднетаежной подпровинции Русской равнины с наличием многочисленных рек (Шварцман и др., 2004). На исследуемой территории отсутствуют промышленные предприятия, и территория стационара в экологическом отношении является относительно благополучным регионом.

Сбор материала проведен в зимне-весенний сезон. Определен химический (элементный) состав воды в трех основных источниках питьевого водоснабжения: в водозаборной скважине (подземные воды), озере (Узловское) и вытекающей из него реки – Святица (поверхностные воды).

Элементный статус жителей оценивали на основании анализа микроэлементов в организме детей и подростков (20 мальчиков и 20 девочек) в возрасте 10-16 лет, постоянно проживающих на исследуемой территории.

Выбор детского населения, как объекта исследования, обусловлен следующими соображениями. Де-

тский организм, в силу незрелости гомеостатических систем, отличается повышенной чувствительностью к недостаточному или избыточному поступлению извне химических элементов, и является объективным маркером биогеохимической среды (Баранов, 1998; Скальный и др., 2002; Лимин и др., 2003).

В качестве биосубстрата использованы волосы, химический состав которых отражает биогеохимическое окружение (Ревич, 1990; Черняева и др., 1997) и позволяет оценивать элементный статус популяции (Агаджанян, Скальный, 2001).

В образцах волос и пробах воды проанализировано содержание Ca, Mg, Na, K, P, Fe, Mn, Zn, Se, Co, Cu, Cr, Al, Ni, Cd, Pb. Исследование проведено методом атомной эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (МС-ИСП) в Центре Биотической медицины (г. Москва), аттестат аккредитации ГСЭН. RU.ЦОА.311).

Концентрации химических элементов в воде оценивали относительно санитарно-эпидемиологических нормативов (СанПиН 2.1.4.1074-01, 2.1.4.1116-02). Содержание макро- и микроэлементов в волосах детей сравнивали со среднероссийскими показателями (Скальный, 2000 а; Grabeklis, Skalny, 2003).

Статистическую обработку данных выполнили с помощью пакета прикладных программ Statistica 5.5 (Stat Soft.USA). Достоверность различий средних значений концентраций у представителей разного пола оценили по критерию Манна-Уитни.

Результаты и их обсуждение

Анализ концентраций макро- и микроэлементов в питьевой воде (табл. 1).

Согласно гигиеническим требованиям к качеству воды, нормативы физиологической полноценности питьевой воды составляют для Ca 25-130 мг/л, для Mg 5-65 мг/л (СанПиН 2.1.4.1116-02). Учитывая, что указанные нормативы рассчитаны исходя из максимально допустимой жесткости – 7 мг-экв/л, концентрации Ca и Mg в питьевой воде могут быть эквивалентом показателей жесткости.

Содержание Ca, Mg во всех источниках питьевой воды п. Климовская зафиксировано в пределах 1 ПДК. В подземной воде концентрации Ca (115,9 мг/л) и Mg (45,0 мг/л) близки к верхнему пределу нормативов физиологической полноценности питьевой воды, что свидетельствует о повышенной жесткости подземной питьевой воды. В поверхностных водах невысокие концентрации Ca (31,0-34,4 мг/л) и Mg (10,9-11,6 мг/л) указывают на пониженную жесткость. Таким образом, вода из подземных источников исследуемой территории характеризуется повышенной жесткостью, а вода из поверхностных источников является мягкой.

Во всех питьевых источниках концентрации анализируемых химических элементов, за исключением Fe и Mn, не превышали санитарно-гигиенических

Таблица 1. Концентрация химических элементов (мг/л) в источниках питьевого водоснабжения п. Климовская (Архангельская область) относительно нормативных показателей

Элемент	Нормативы (ПДК), мг/л	Исследуемые источники		
		Скважина	Озеро	Река
K	2-20***	2,559	1,237	1,015
Ca	25-130***	115,949	31,001	34,496
Mg	5-65***	45,096	11,621	10,913
Na	20-200**	10,708	1,756	2,208
P	3,5*	1,361	1,284	1,440
Fe	0,3*	2,971	1,149	0,789
Cu	1,0*	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003
Zn	5,0*	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025
Co	0,1*	0,000329	0,00061	0,000247
Mn	0,05**	0,079	0,269	0,102
Se	0,1*	< 0,00033	0,004494	0,001511
Cr	0,05*	0,0047	0,0038	0,0039
Al	0,5*	< 0,003	0,106003	0,084918
Ni	0,1*	0,0070	0,0043	0,0043
Cd	0,001*	< 0,000004	< 0,000004	< 0,000004
Pb	0,3*	0,000267	0,000433	0,000463
I	0,01-0,125***	0,001991	0,001716	0,001303

Примечание:

* – СанПиН 2.1.4.1074-01.

** – СанПиН 2.1.4.1116-02.

*** – интервал физиологической полноценности воды, СанПиН 2.1.4.1116-02.

показателей и находились в пределах 0,1 и менее ПДК (табл.1).

Во всех исследуемых водах концентрации Fe превышали ПДК. Уровень железа в озерной и речной воде составил соответственно 3,83 ПДК и 2,63 ПДК. В подземной воде концентрация железа достигала 9,9 ПДК.

Следует отметить, что присутствие повышенных концентраций железа является характерным для всех видов подземных и поверхностных вод Архангельской области (Малов, 2002). Железо является эссенциальным биоэлементом; наличие его в питьевой воде в концентрациях до 1 мг/дм³ считается благоприятным экологическим признаком. Однако высокие концентрации железа в некоторых подземных гидрокарбонатно-кальциевых водах (до 3-30 мг/дм³) являются основным ограничением их использования (Малов, 2004).

Содержание Mn во всех источниках водопользования также превышало ПДК. Минимальная концентрация марганца на уровне 1 ПДК отмечена в подземной воде, максимальная – в озерной воде.

Содержание йода в источниках питьевой воды колебалось от 1,3 до 1,99 мкг/л. Его минимальное содержание отмечено в подземной воде. Максимальное – в речной. Однако концентрации йода во всех источниках выходили за нижний предел "Нормативов физиологической полноценности качества питьевой воды" (СанПиН 2.1.4.1116-02), что, при недостаточном поступлении йода с пищей, является биогеохимической основой для формирования йодного дефицита.

Таким образом, во всех источниках водоснабжения отмечен дефицит йода; концентрации железа и марганца превышали нормативные показатели. Максимальное содержание железа выявлено в подземной воде, марганца – в озерной воде.

Характеристика поверхностных вод. При сравнительном анализе элементного состава воды из озера и реки не выявлено достоверных различий в концентрациях Ca, Mg, Cr, Zn, Cu, Cd, Ni, Pb. В озерной воде, относительно речной, выше содержание Fe, и значительное преобладание Co (в 2, 47 раза), Se (в 2,97 раза) и Mn (в 2,64 раза).

Элементный состав подземных и поверхностных вод. В подземной воде, по сравнению с озером и рекой, ниже содержание Mn, Se, Al. Причем концентрации Se и Al в подземных водах меньше на порядок.

С другой стороны, подземные воды превосходят поверхностные по содержанию Ca, Mg, Na, K, Fe: железа – более чем в 2 раза, кальция – в 3,5 раза и магния – в 4 раза.

Следовательно, для подземных и поверхностных вод исследуемой местности выявлено большее различие, чем между поверхностными водами из разных источников. Низкие концентрации токсичных элементов (Cd, Pb, Al, Ni) во всех питьевых источниках свидетельствуют об относительном экологическом благополучии исследуемой территории. Однако концентрации эссенциальных микроэлементов (Cu, Zn, Co, Se, Cr) во всех источниках питьевой воды также крайне низкие, что может приводить к формированию дефицита указанных элементов в организме жителей.

Таким образом, для источников питьевой воды пос. Климовская установлен дисбаланс химических элементов: низкие гигиенические ранги эссенциальных элементов на фоне высоких концентраций железа. Наиболее выраженный дисбаланс элементов характерен для подземных источников водоснабжения.

Анкетный опрос местного населения показал, что жители употребляют воду из всех трех источников, отдавая предпочтение озерной и речной воде ввиду ее более приемлемых вкусовых качеств, что в значительной мере определяется различием в жесткости питьевой воды. Кроме этого, как показал анализ, подземные воды характеризуются высоким содержанием железа, что делает артезианскую воду

малопригодной для питья.

Однако на практике подавляющее число жителей (особенно в зимнее время) пользуется водозаборными колонками, т.е. использует для питья и бытовых целей подземные воды. Поэтому при анализе причинных связей между минеральным составом воды и элементным статусом жителей, мы ориентировались на химический состав подземных вод (рис.1).

Элементный статус обследованных жителей.

Аналитические исследования биоэлементного состава волос у жителей многих регионов России выполнены на базе испытательной лаборатории Центра Биотической медицины (ЦБМ), и на основании представительной выборки установлены среднероссийские показатели элементного статуса (Скальный, 2000 а,б; Demidov, Skalny, 2002; Grabeklis, Skalny, 2003). Следует отметить, что референтные величины содержания микроэлементов в волосах детей, рекомендуемые ВОЗ (Trace elements..., 1996) и их среднероссийские аналоги в отношении многих элементов существенно отличаются, что, очевидно, обусловлено спецификой природно-социальных условий проживания. Учитывая, что исследование выполнено в лаборатории ЦБМ, представленные данные проанализированы относительно среднероссийских показателей (табл. 2).

Половые различия элементного статуса. Известно, что гормонально обусловленные особенности обмена веществ проявляются в дифференцировке элементного статуса мужчин и женщин. Показано, что наиболее выраженные половые отличия касаются калия и натрия, концентрация которых у лиц женского пола достоверно ниже. Помимо калия и натрия, у женщин, как правило, понижено содержание железа, а также

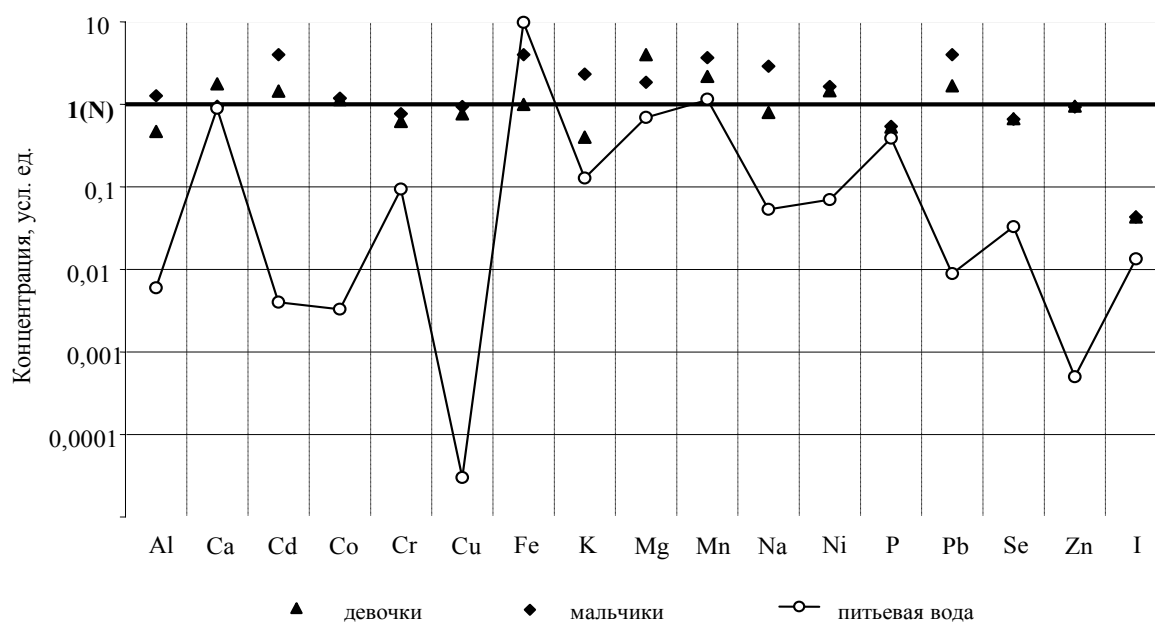


Рисунок 1. Содержание химических элементов в подземной питьевой воде и волосах детей (Коношский район Архангельской области)*

* – содержание элементов в воде дано относительно ПДК, в волосах - относительно среднероссийских показателей (N)

Таблица 2. Содержание химических элементов ($M \pm m$) в волосах детей в возрастном интервале 10-16 лет, мкг/г

Элемент	Девочки (n = 20)		Мальчики (n = 20)	
	Архангельская область	Средне-российские показатели ¹	Архангельская область	Средне-российские показатели ¹
Ca*	<u>1638,42 ± 57,23</u>	924,1 ± 16,5	497,32 ± 30,49	521,6 ± 11,1
K*	74,26 ± 11,03	185,4 ± 8,7	<u>960,82 ± 113,89</u>	414,2 ± 14,4
Mg*	<u>165,82 ± 11,87</u>	74,09 ± 1,8	<u>79,03 ± 3,96</u>	42,57 ± 1,4
Na*	227,43 ± 33,15	284,0 ± 9,5	<u>1764,90 ± 201,69</u>	608,9 ± 21,1
P	<u>80,16 ± 2,91</u>	152,7 ± 0,9	<u>85,78 ± 2,53</u>	158,9 ± 1,2
Fe*	22,0 ± 1,80	21,96 ± 0,43	<u>50,03 ± 4,57</u>	24,68 ± 0,52
Cu	9,1 ± 0,34	11,81 ± 0,17	10,61 ± 0,67	11,26 ± 0,34
Zn	179,72 ± 10,17	189,5 ± 1,2	154,95 ± 9,13	167,0 ± 1,2
Co	0,19 ± 0,008	0,166 ± 0,004	0,21 ± 0,016	0,176 ± 0,007
Mn*	<u>2,48 ± 0,27</u>	1,132 ± 0,039	<u>3,27 ± 0,31</u>	0,889 ± 0,023
Se	0,93 ± 0,102	1,396 ± 0,029	0,91 ± 0,086	1,375 ± 0,035
Cr*	0,49 ± 0,025	0,786 ± 0,019	0,66 ± 0,05	0,861 ± 0,02
Al*	<u>10,19 ± 1,33</u>	21,5 ± 0,36	27,85 ± 3,43	21,95 ± 0,39
Ni	<u>0,91 ± 0,083</u>	0,624 ± 0,034	<u>0,76 ± 0,084</u>	0,461 ± 0,019
Cd*	0,24 ± 0,015	0,165 ± 0,008	<u>0,48 ± 0,04</u>	0,191 ± 0,006
Pb*	1,95 ± 0,26	1,162 ± 0,079	<u>4,64 ± 0,59</u>	2,279 ± 0,096
I		Lim = 0,15-0,44		—

¹ – Grabeklis A. R., Skalny A. V., 2003

Примечание:

* – межполовые различия;

подчеркнутые значения - различия относительно среднероссийских показателей ($p < 0,05$);

" – " – данные отсутствуют.

повышена концентрация кальция, магния (Demidov, Skalny, 2002; Горбачев и др., 2003; Нотова, Бурцева, 2004; Баранова и др., 2005).

Согласно полученным данным, в исследуемой группе детей и подростков обнаружены статистически значимые половые различия ($p < 0,05$) в отношении Al, Ca, Cd, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, Pb (табл. 2).

У девочек, по сравнению с мальчиками, содержание K в волосах оказалось ниже в 12,9 раза, Na – в 7,8 раза, Fe – в 2,3 раза. В то же время, у девочек отмечены более высокие показатели Ca (в 3,3 раза) и Mg (в 2,1 раза). Выявленные межполовые различия элементного статуса детей и подростков в целом согласуются с данными литературы по сопоставимым возрастным группам (Grabeklis, Skalny, 2003; Скальный и др., 2004; Максимова, Протасова, 2005). Половая дифференцировка в содержании идентичных элементов (K, Na, Ca, Mg, Fe) в волосах детей и взрослых свидетельствует о том, что поддержание гомеостаза K, Na, Ca, Mg, Fe закладывается уже в детском возрасте, и предполагает определяющую

роль половых гормонов в формировании элементного статуса.

Помимо известных данных, нами отмечены и региональные половые особенности элементного статуса. Установлено, что относительно среднероссийских показателей в волосах мальчиков, проживающих на юге Архангельской области, повышено содержание Fe, Mn, Mg, K, Na, Ni, Cd, Pb, а также снижено содержание I и P. У девочек, относительно среднероссийских показателей, достоверно выше содержание Ca, Mg, Mn и ниже – I и P. Региональной особенностью элементного статуса всей исследуемой группы являются высокие показатели Mg, Mn и пониженные показатели I и P.

Связь между элементным составом питьевой воды и содержанием химических элементов в волосах.

Прежде всего, отметим, что содержание в волосах детей Na, K, а также токсичных элементов-металлов (Pb, Cd, Al, Ni) не соответствует их концентрации в

питьевой воде. Несмотря на нормативный уровень в воде электролитов (Na, K) и металлов (Pb, Cd, Al, Ni), содержание этих элементов в волосах детей повышено (рис.1).

Наши наблюдения подтверждают данные о том, что детский растущий организм активно абсорбирует токсичные элементы (Ревич,1990; Скальный, 1995; Черняева и др., 1997; Алексеев и др., 2001; Лимин и др., 2003). Содержание тяжелых металлов в волосах исследуемой группы детей превышало среднероссийские показатели. При этом, в отношении аккумуляции токсичных элементов отмечены выраженные половые различия. В частности, в волосах мальчиков достоверно выше содержание Pb, Cd, Al, Cr и Mn (табл.2). Различия в содержании Pb, Cd и Al были существенными, что свидетельствует об избирательной аккумуляции указанных токсических элементов (тяжелых металлов) в волосах лиц мужского пола.

Физиологический смысл и биологическая целесообразность этого явления не ясны, и объяснимы только с позиции несовершенства механизмов гомеостаза детского организма (Вельтищев, 1996), не способного элиминировать избыток токсичных элементов. Поэтому детский организм – это не только чувствительный индикатор биогеохимической среды и маркер экологического неблагополучия. Детское население – это, прежде всего, наиболее ранимая часть популяции к воздействию неблагоприятных экологических факторов.

В этой связи отметим, что содержание основных эссенциальных элементов (Zn, Se, Cu, Cr) у детей находится в нормативных интервалах, но имеет тенденцию к понижению относительно среднероссийских показателей (табл.2.), что может быть следствием аккумуляции токсичных элементов, и свидетельствует о формировании микроэлементного дисбаланса.

Анализируя соотношение химических элементов в воде и биосубстратах, – очевидна связь между содержанием в питьевой воде и в волосах детей Fe, Mn, Mg, Ca и I (рис.1).

Как показано, концентрация йода во всех источниках выходила за нижний предел "Нормативов физиологической полноценности качества питьевой воды". Содержание йода в волосах детей п. Климовская также оказалось пониженным: его показатели находились в интервале 0,15-0,44 мкг/г, что существенно отличается от референтного диапазона 0,42-2,7 мг/кг (Баранова и др., 2004).

Как указывалось, во всех источниках питьевой воде уровни Fe и Mn превышали гигиенические нормативы, а в подземной воде концентрации Mg и Ca близки к верхнему пределу нормативов физиологической полноценности питьевой воды.

Присутствие повышенных концентраций железа является характерным для всех видов подземных и поверхностных вод Архангельской области (Юшманова и др., 1999; Малов, 2002). Анализ качества питьевой воды в промышленных городах Архангельской области показал, что количество вредных веществ, превышающих ПДК, было наибольшим в

Новодвинске (железо, марганец, алюминий), Северодвинске (железо, марганец, алюминий) и Коряжме (железо, кадмий, алюминий). В Архангельске и Котласе превышение ПДК установлено для двух ингредиентов – железа, алюминия (Унгурияну и др., 2006). Очевидно, что общим региональным биогеохимическим знаменателем является избыток в питьевой воде железа.

Показано, что высокие концентрации железа и марганца в воде вообще характерны для северных регионов, включая как подземные, так и поверхностные источники водоснабжения (Московченко, 2004; Скальный и др., 2004; Бульбан, 2005). Например, аналогичная анализируемой нами ситуация с минеральным составом питьевой воды отмечена в сельских районах Якутии: превышение ПДК Fe и Mn выявлено соответственно в 67% и 44% пробач питьевой воды (Скальный и др., 2004). Причем, повышенные концентрации Fe и Mn соответствовали данным о распространенности избыточного содержания этих элементов в волосах значительной части детской популяции Якутии.

Исследование элементного состава водных источников севера Западной Сибири (река Обь и ее главные притоки), также установило высокий уровень железа и марганца в поверхностных водах (Московченко, 2004). В частности, концентрация железа, при ПДК 0,3 мг/дм³, в зависимости от года наблюдений, колебалась в пределах 1,03-1,86. По мнению авторов, это обусловлено, главным образом, природными факторами – высокой подвижностью железа с солями гуминовых кислот в болотных ландшафтах. Высокое содержание железа и марганца в водных источниках в значительной степени является причиной повышенного содержания этих элементов в биосубстратах человека. Средние концентрации марганца и железа в волосах новорожденных детей в г. Салехарде значительно превышали показатели, характерные для новорожденных средней полосы России (Галыгин и др., 1998). Вероятно, во всех случаях, питьевая вода является основным источником поступления железа и марганца в организм детей.

Соответственно особенностям химического состава питьевой воды, содержание в волосах детей п. Климовская Fe, Mn, Mg, Ca также оказалось повышенным. Следовательно, элементный состав организма детей отражает биогеохимические особенности региона (минеральный состав питьевой воды), и питьевая вода является экологическим фактором, определяющим статус в организме Fe, Mn, Mg, Ca, I. Подобное утверждение требует дальнейших исследований: для установления закономерной связи между содержанием химических элементов в воде и организме жителей необходимо изучение элементного статуса взрослого населения исследуемой территории.

Микроэлементозы. Известно, что волосы являются экскреторной тканью, и в условиях избытка элементов во внешней среде, могут способствовать элиминации избыточных концентраций элементов из организма, поддерживая тем самым минеральный

гомеостаз.

Вопрос о корреляции между содержанием микроэлементов в волосах и их уровнем во внутренней среде организма остается дискуссионным (Скальный, 2000б; Сусликов и др., 2001; Скальная и др., 2003; Барашков, 2005). Вместе с тем показано, что анализ элементного состава волос позволяет с высокой степенью надежности выделить группы риска по гипер- и гипомикроэлементозам (Скальный, Рудаков, 2004; Miekeley et al., 2001). Считается, что волосы, как никакой другой биологический субстрат, отражают процессы, длительно протекающие в организме человека, и поэтому элементный состав волос может служить средством диагностики ряда заболеваний, связанных с нарушением минерального обмена (Ren et al., 1997; Гладких и др., 2003).

Исходя из приведенных аргументов, на основании элементного состава волос сделан прогноз возможных нарушений минерального обмена у детского населения исследуемого района Архангельской области.

Многочисленные наблюдения указывают на существование множественных корреляционных зависимостей между содержанием в организме микроэлементов и показателями функциональных систем организма. На этом основании можно считать доказанным, что дисбаланс биоэлементов может иметь множественные морфофункциональные последствия в формирующемся организме детей и подростков, среди которых указывают низкорослость, гипогонадизм, анемию, иммунодефицит (Шацова, Маркова, 1997).

Йод. Несмотря на то, что йод воды в общем балансе организма занимает незначительное место, уровень йода в питьевой воде коррелирует с напряженностью зубной эндемии (Кашин, 1987; Рахманин и др., 2000; Пальчикова и др., 2001). Низкое содержание йода в волосах согласуется с концентрацией йода в моче. Нами показано, что у 72,5% детей, проживающих в пос. Климовская, уровень йода в моче находится ниже оптимального уровня. Медиана йодурии составила 67,2 мкг/л при нижней границе нормы 100 мкг/л, что свидетельствует о недостаточной обеспеченности йодом (Кубасова и др., 2005) и может быть основанием для формирования йоддефицитных состояний.

Согласно литературным данным, исследуемые нами южные районы Архангельской области являются зубноэндемичными, где распространенность зоба среди детского населения достигает 80-98% (Дедов, Свириденко, 2001; Сибилева, 2004). Таким образом, некомпенсированная низкая концентрация йода в питьевой воде обуславливает эндогенный дефицит йода и проявление эндемии зоба. Маркером дефицита йода во внешней среде, кроме показателей йодурии, является содержание йода в волосах.

Кальций, магний. Ионам кальция и магния, определяющих жесткость питьевой воды, принадлежит важная роль в регуляции артериального давления. Дефицит и дисбаланс этих элементов способствуют формированию заболеваний сердечно-сосудистой системы, в том числе и гипертонической болезни

(Гичев, Гичев, 2001; Демешко, 2003; Серпов и др., 2005). Ведущее значение в патогенезе придается магнию: именно его дефицит рассматривается в качестве первичного звена патогенеза (Городецкий, Талибов, 2003; Скальный, 2004; Кириллова и др., 2006).

Статистические и экспериментальные данные свидетельствуют о повышенной сердечно-сосудистой заболеваемости в регионах с мягкой водой. Широкая распространенность артериальной гипертензии в Северо-Западном регионе России и в Скандинавских странах, помимо других известных причин, связана с низкой жесткостью и недостаточной минерализацией питьевой воды (Чурина, 1988; Жестяников, 2005; Кирилова и др., 2006).

В настоящее время в питьевом водоснабжении преобладают подземные воды, представляющие собой антропогенный экстремальный фактор (Сынзыныс и др., 2004). Основными компонентами таких вод, отягощающими здоровье населения, являются высокая жесткость со значительным преобладанием Са над Mg (Stambuk-Giljanovi, Stambuk, 2005) и высокое содержание железа. Этот вывод обоснован выявленными с помощью медико-географического, ландшафтно-картографического и биометрического методов прямыми линейными связями жесткости воды, ее компонентами, содержанием железа с 36 болезнями 1-4, 5-10, 13 классов (Голубев, 1996).

Однако в последнее время в научной литературе появляются данные, которые не согласуются с приведенными литературными сведениями. Так, японскими учеными не обнаружено корреляции между жесткостью питьевой воды и смертностью от ИБС (Miyake, Iki, 2004). Многолетние проспективные исследования с вовлечением более 10 тыс. пациентов, проведенные в США, не выявили различий в соотношении макроэлементов в рационе у лиц с артериальной гипертензией и нормотензивной группой контроля (Kisters et al., 2004). В исследовании А.В. Кирилловой и коллег (2006) в группе с ИБС обнаружены даже более высокие уровни сыровоточного магния, по сравнению с общей популяцией жителей Республики Карелия.

Магний – внутриклеточный ион, поэтому его концентрация в сыворотке крови малоинформативна в качестве критерия обеспеченности организма магнием. Чувствительным показателем дефицита магния является его содержание в волосах (Агаджанян, Скальный, 2001), и особенно соотношение Са/Mg. По нашим данным, содержание кальция и магния в волосах детей соотносится с высокой концентрацией этих элементов в подземной воде, и содержание в волосах указанных макроэлементов существенно (почти в 2 раза) превышает среднероссийские показатели (табл. 2., рис.1).

Соотношение Са/Mg в исследуемой группе (9,8 для девочек и 6,5 для мальчиков), существенно отличается от среднероссийского показателя (12,0) и свидетельствует о Са-Mg дисбалансе.

Мы полагаем, что избыток кальция и магния в волосах соответствует повышенному уровню этих макроэлементов во внутренней среде организма

детей. Вследствие антагонистических и синергических взаимодействий избытка кальция и магния с другими элементами (Скальный и др., 2002), возможно формирование элементного дисбаланса и нарушение минерального обмена у детей. Постоянное употребление жесткой воды и повышенного поступления в организм солей кальция и магния, может быть патогенетической основой заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Железо. В северных регионах, кроме проблемы железодефицита и северной анемии (Марачев, Жаворонков, 1987; Журавская и др., 2002; Никитин, Журавская, 2003; Францишко, Мищенко, 2004), актуальна проблема избытка железа.

Полученные данные свидетельствуют об аккумуляции железа в волосах детей, преимущественно у мальчиков, что, по-видимому, связано с высоким содержанием железа в питьевой воде. Подобные результаты показаны для детского населения Красноярского края. По данным С.В. Куркатова и др. (2004), содержание железа у детей Севера Красноярского края (11-12 лет) выше референтных величин (Sagoli et al., 1992): у мальчиков в 8,8 раза, а у девочек в 2,1 раза. Повышенное содержание железа в волосах детей исследователи связывают с высоким уровнем железа (до 3 ПДК) в питьевой воде (Куркатов и др., 2004).

Общеизвестно, что биологические эффекты большинства микроэлементов дозозависимы поэтому как их недостаток, так и избыток, через «поломку» в металлогандных комплексах (Подымов и др., 1979; Калетина и др., 2004), может приводить к развитию патологических процессов.

Сочетание эссенциальности железа с его возможной токсичностью предполагает, что нарушения метаболизма железа могут негативно влиять на жизнедеятельность. Повышенный уровень железа, прежде всего, должен вызывать онкологическую настороженность: избыточное поступление железа в организм усиливает пролиферацию опухолевых клеток (Поляк-Блажи, 2002; Poljak-Blazi, 2003). Аккумуляция железа может приводить к развитию сидерозов, которые часто трансформируются в рак печени и поджелудочной железы. При этом избыток железа, поступающего в хелированном состоянии, не оказывает отрицательного эффекта, в отличие от ионов железа, которые могут инициировать мутагенез (Куркатов и др., 2004).

Избыток железа также проявляет свойства иммунодепрессанта: повышенная насыщенность организма железом может повлечь снижение иммунной резистентности и способствовать повышению общей заболеваемости. Аккумуляция железа в определенных тканях способствует развитию инфекций, неоплазии, кардиомиопатии, артропии, возникновению эндокринных и, возможно, нейродегенеративных расстройств (Поляк-Блажи, 2002).

Таким образом, избыток железа в питьевой воде является экстремально-негативным фактором внешней среды, способным приводить к аккумуляции железа в организме и развитию экологозависимых

патологий.

Марганец. Как показано, особенностью элементного статуса всей исследуемой группы детей, особенно мальчиков, являются повышенные показатели Mn.

Исходя из критерия вариабельности биологических эффектов, марганец относится к минеральным веществам, биологические эффекты которых наблюдаются в области малых доз (Подколзин, Гуревич, 2002).

Высокие концентрации в организме Mn оказывают нейротоксическое воздействие. В свете гипотезы о влиянии тяжелых металлов (Pb, Mn, Cu, Hg) на центральную и периферическую нервную систему, возможно их участие в развитии болезней Альцгеймера, Паркинсона.

При избытке марганца наблюдается отставание в росте, а также железодефицитная анемия при нормальном поступлении железа (Greger, 1998), развитие которой связывают с конкуренцией марганца с железом и медью за системы транспорта.

В костях при гипермарганизме формируются рахитоподобные изменения ("марганцевый рахит", известный как эндемическая болезнь скота). С избытком марганца связаны отдельные эндемические очаги подагры (Терпугова, 2002).

Одним из биогеохимических факторов эндемического зоба является повышенное содержание в окружающей среде свинца и марганца (Велданова, 2000). Избыток марганца в биосфере (питьевой воде) может формировать вторичный йодный дефицит, и быть основой зобной эндемии. Подтверждением этому служат приведенные выше данные И.И. Дедова и Н.Ю. Свириденко (2001), согласно которым, южные районы Архангельской области представляют собой зобноэндемичную территорию с популяционным уровнем зоба 80-98%. По-видимому, избыток марганца в биосфере исследуемого района усиливает природный дефицит йода, итогом чего является высокий уровень распространения эндемического зоба.

Кроме напряжения тиреоидной сферы, избыток марганца может приводить к поражению зубов. Демонстративным проявлением природного марганцевого гиперэлементоза считают стоматологические аномалии зубо-челюстной системы у детей (Хакимова, 1980; Сусликов, 2002). Диспансерный осмотр детей, проживающих в пос. Климовская, выявил высокую частоту распространения кариеса зубов, что может быть связано с аккумуляцией в организме детей марганца. При этом не исключена патогенетическая роль и других микроэлементов. В перспективе, в питьевой воде и в биосубстратах жителей пос. Климовская следует проанализировать содержание фтора, дефицит или избыток которого может быть основой для проявления стоматологических проблем (Теддер, 1994; Юшманова и др., 1999; Еремина и др., 2004).

Кадмий. В проведенном исследовании в волосах у мальчиков обнаружено повышенное содержание кадмия, достоверно превышающее как среднероссийские показатели, так и его содержание в волосах

у девочек исследованной группы.

Вероятной причиной аккумуляции кадмия может быть высокая частота табакокурения среди мальчиков-подростков (Гресь и др., 2004; Скальный и др., 2004). Известно, что кадмий избирательно поглощается растением-табаком, и накапливается в его листьях. По нашим данным анкетирования родителей исследуемых детей и их педагогов, 49,7% мальчиков подросткового возраста постоянно или периодически курят.

За исключением экспериментальных данных, показавших жизненную необходимость кадмия (Anke, 1994), считается, что Cd, подобно Pb и Hg, не является жизненно необходимым металлом.

В литературе имеются данные о более высоких уровнях кадмия в крови пациентов, страдающих гипертонией (Vivoli et al., 1989). В частности, в детских группах наблюдений показана линейная корреляция между содержанием кадмия в волосах и уровнем кровяного давления (Bergomi et al., 1989). Однако в экспериментальных группах на людях получены противоречивые результаты, и однозначно оценивать пусковую роль избытка кадмия в патогенезе гипертонической болезни нельзя (Борелла и др., 2005).

Будучи аналогом цинка, кадмий способен замещать Zn в цинксодержащих ферментах с потерей их ферментативных свойств (Пурмаль, 1998). Антагонистические связи между цинком и кадмием определяют высокую информативность соотношения цинк/кадмий (Скальный, 2000б; Гресь и др., 2004). Условно допустимым уровнем этого показателя считается величина 500 (Kruppa, Puczkowski, 2004). Более низкие значения коэффициента (ниже 500) свидетельствуют о нарушении гомеостаза цинка.

Согласно нашим данным, коэффициент соотношения цинк/кадмий у мальчиков составил 322,9; у девочек – 750,0. Низкий коэффициент цинк/кадмий у мальчиков может свидетельствовать о негативном влиянии избытка кадмия на метаболические процессы и нарушении обмена цинка.

Мониторинг физического и полового развития детей п. Климовская выявил запаздывание в росте и формировании вторичных половых признаков у мальчиков (Кубасов, 2005), что объяснимо аккумуляцией в организме токсичных элементов, в частности кадмия, и относительным понижением цинка (Щеплягина, 2001). Кроме этого, отставание в росте, как показано выше, может усиливаться избытком в окружающей среде марганца (Greger, 1998).

В плане нейтрализации избытка кадмия может быть рекомендовано питание, богатое белком и витаминно-минеральными комплексами, содержащими цинк, медь, железо селен кальций, фосфаты, пиридоксин, витамин С (Скальный, Рудаков, 2004).

Фосфор. Недостаток фосфора, отмеченный у детского населения изучаемой местности, может быть связан с трудноусвояемостью соединений фосфора (фосфатов), содержащихся в воде, на фоне отсутствия других источников поступления этого элемента. Но, по-видимому, основной причиной дефицита фосфора является повышенное поступление в организм его

антагонистов – Ca, Mg и Fe (Скальный, Рудаков, 2004).

Пониженное содержание фосфора в организме ассоциируется с дисбалансом других биоэлементов. Как известно, фосфор – биогенный элемент, играющий важную роль в формировании костной ткани, деятельности головного мозга, скелетных и сердечной мышц, участвующий в трансмембранном транспорте веществ и входящий в состав ряда ферментов. Кроме того, входя в состав АТФ, фосфор принимает участие в энергообмене (Скальный, 1999), и его недостаток может негативно сказываться на деятельности многих систем растущего организма.

Заключение

Проведенное изучение минерального состава питьевой воды и элементного статуса детского населения Архангельской области, показало, что химический состав воды (повышенная жесткость, особенности минерализации) являются определяющим фактором элементного гомеостаза детского организма.

Отражением минерального состава воды является накопление в волосах девочек Ca, Mg, а у мальчиков – повышенное содержание Na, K и Fe. Для всей исследуемой группы детей характерно высокое содержание Mn и низкое содержание P, что соотносится с концентрацией названных элементов в воде.

Исключительным признаком элементного статуса детей, особенно мальчиков, является высокое содержание в волосах тяжелых металлов (Ni, Cd, Pb), не выявленное в питьевых источниках.

Содержание основных эссенциальных элементов (Zn, Se, Cu, Cr) у детей находится в нормативных интервалах, но имеет тенденцию к понижению, что указывает на формирование микроэлементного дисбаланса.

Таким образом, питьевая вода является постоянно действующим экологическим фактором, который влияет на элементный статус и минеральный обмен человека, может оказывать биологические нагрузки и определять состояние здоровья населения.

Литература

- Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. 1991. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина. 496 с.
- Агаджанян Н.А., Скальный А.В. 2001. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. М.: Изд-во КМК. Второе изд. 83 с.
- Айвазова Е.А., Сычева Л.Н. 1998. Некоторые особенности электролитного обмена у жителей Ненецкого автономного округа // Экология человека. № 3. С.13-15.
- Алексеев С.В., Янушанец О.Н., Хромов А.В., Серов В.Ю. 2001. Элементный дисбаланс у детей Северо-Запада России. СПб.: СПб педиатрическая академия. 147 с.
- Бабенко Г.А. 2001. Микроэлементозы человека: патогенез, профилактика, лечение // Микроэлементы в медицине.

- Т.2. Вып.1. С.2-5.
- Баранов А.А. 1998. Экология в педиатрической науке и практике // Экологические и гигиенические проблемы здоровья детей и подростков / Под ред. А.А. Баранова, Л.А. Щеплягиной. М. С.5-26.
- Баранова О.В., Нотова С.В., Скальный А.В. 2005. Сравнительная оценка элементного статуса юношей и девушек, обучающихся в Оренбургском государственном университете // Микроэлементы в медицине. Т.6. Вып.1. С.8-12.
- Баранова О.В., Нотова С.В., Скальный А.В. 2004. Сравнительный анализ содержания эссенциальных микроэлементов в волосах студентов, проживающих в различных зонах Оренбургской области // Микроэлементы в медицине. Т.5. Вып.4. С.8-10.
- Барашков Г.К. 2005. Некоторые проблемы развития медицинской элементологии по итогам работы I съезда РОСМЭМ // Микроэлементы в медицине. Т.6. Вып.1. С.54-56
- Борисова И.Ю., Чурина С.К., Макаров В.Л. и др. 2004. Влияние экологически обусловленного дефицита минеральных солей в природной питьевой воде Северо-Запада России на формирование сосудистого тонуса и минеральный гомеостаз организма подростка // Биологические аспекты экологии человека: Сб. Материал. Всерос. конф. с междунар. участием. Архангельск. Т.1. С.74-76.
- Борелла П., Барджеллини А., Джакобаци П., Марчези И., Ровести С. 2005. Взаимосвязь между микронутриентами и сердечно-сосудистыми заболеваниями: эпидемиологическое подтверждение // Микроэлементы в медицине. Т.6. Вып.2. С.21-26.
- Бульбан А.П. 2005. Сравнительная эколого-физиологическая характеристика микроэlementного статуса населения приморской и континентальной территорий Магаданской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Магадан. 23 с.
- Велданова М.В. 2000. Роль некоторых стромогенных факторов внешней среды в возникновении зубной эдмии // Микроэлементы в медицине. Т.1. С.17-25.
- Вельтищев Ю.Е. 1996. Экологически детерминированная патология детского возраста // Рос. вестник перинатологии и педиатрии. № 2. С.5-12.
- Тутельян В.А., Кукес В.Г., Фисенко В.П. (ред.). 2001. Витамины и микроэлементы в клинической фармакологии. М.: Палея-М. С.248-254.
- Гичев Ю.Ю., Гичев Ю.П. 2001. Руководство по биологически активным пищевым добавкам. М.: Триада-Х. 232 с.
- Главатских С.П. 1999. Современное эколого-геохимическое состояние Северодвинского промышленного района Геодинамика и геоэкология // Материалы междунар. конф. Архангельск, Институт экологических проблем Севера УрО РАН. С.74-77.
- Гладких Э.А., Полякова Е.В., Шуваева О.В., Бейзель Н.Ф. 2003. Применение атомно-эмиссионной спектрометрии с возбуждением спектров в дуге постоянного тока для оценки средних уровней содержания макро- и микроэлементов в волосах человека // Микроэлементы в медицине. Т.4. Вып.3. С.20-24.
- Голубев И.М. 1996. Геохимические факторы и здоровье человека // Матер. III Всерос. Науч.-практ. конф. "Антропогенные воздействия и здоровье человека" Калуга. С.59-60.
- Горбачев А.Л., Шуберт Э.Е., Ефимова А.В. 2000. Уровень микроэлементов в организме человека в различных природно-антропогенных условиях Северо-Востока России // Колыма. № 1. С.47-52.
- Горбачев А.Л., Ефимова А.В., Луговая Е.А., Бульбан А.П. 2003. Особенности элементного статуса жителей различных природно-географических территорий Магаданского региона // Экология человека. №6. С.12-16.
- Городецкий В.В., Талибов О.Б. 2003. Препараты магния в медицинской практике. М.: ИД Медпрактика-М. С.4-17.
- Гресь Н.А., Хулуп Г.Я., Шарихина Т.В. и др. 2005. Кадмиоз и проблема «школьного курения» // Микроэлементы в медицине. Т.5. Вып.4. С.40-42.
- Дедов И.И., Свириденко Н.Ю. 2001. Стратегия ликвидации йоддефицитных заболеваний в Российской Федерации // Пробл. эндокринол. Т.47. № 6. С.3-12.
- Демешко О.Н. 2003. Чувствительность к хлориду натрия и нарушения кальциевого обмена у больных артериальной гипертензией: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб. 15 с.
- Добродеева Л.К., Жилина Л.П. 2004. Иммунологическая реактивность, состояние здоровья населения Архангельской области. Екатеринбург: УрО РАН. 229 с.
- Еремичева Н.В., Романовская Л.Д., Посметная Т.В. 2004. Влияние экологически неблагоприятных районов с высоким содержанием фтора в питьевой воде на состояние костной ткани у детей // Биол. аспекты экол. человека: Сб. материалов Всерос. конф. с междунар. участием. Архангельск. Т.1. С.174-175.
- Жестяников А.Л. 2005. Дисбаланс некоторых макро- и микроэлементов как фактор риска заболеваний сердечно-сосудистой системы на Севере // Экология человека. № 9. С.19-25.
- Жестяников А.Л., Карапетян Т.А., Доршакова Н.А. 2004. К вопросу о роли цинка и селена в механизмах метаболической адаптации и дизадаптации при формировании нейроциркуляторной (вегетососудистой) дистонии у населения северных регионов // Проблемы адаптации человека к экологическим и социальным условиям Севера: Тез. докл. Сыктывкар. С.41.
- Журавская Э.Я., Гырголькау Л.А., Куценогий К.П. и др. 2003. Многоэлементный состав крови у коренных жителей Чукотки // Вопросы сохранения и развития здоровья Севера и Сибири. Материалы итог. научн. конф. ГУ НИИ медицинских проблем Севера СО РАМН за 2002 г. Вып.2. / Под ред. член-корр. РАМН Манчука В.Т. Красноярск. С.63-64.
- Журавская Э.Я., Паламарчук М.В., Гырголькау Л.А. и др. 2002. Распространенность железодефицитных состояний в Сибири // Микроэлементы в медицине. Т.3. Вып.1. С. 54-58.
- Галыгин В.Ф., Дранишников А.К., Колтун В.З. и др. 1998. Здоровье коренного населения Ямала. Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН. 214 с.
- Калетина Н.И., Калетин Г.И., Скальный А.В. 2004. Нарушение металло-лигандного гомеостаза (МЛГ)

- как возможная причина развития неблагоприятных побочных эффектов лекарственных средств. Микроэлементы в медицине. Т.5. Вып.4. С.64-68.
- Кашин В.К. 1987. Биогеохимия, физиология и агрохимия йода. Л.: Наука. 261 с.
- Кириллова А.В., Доршакова Н.В., Дуданов И.П. 2006. К вопросу о патогенезе гипертонической болезни и ишемической болезни сердца при дефиците потребления кальция и магния в условиях Севера // Экология человека. № 1. С.3-8.
- Ковальский В.В. 1974. Геохимическая экология. М.: Наука. 299 с.
- Ковальский В.В. 1982. Геохимическая среда и жизнь. М.: Наука. 76 с.
- Кубасов Р.В. 2005. Становление системы гипоталамо-гипофиз-гонады в пубертатном периоде у мальчиков, проживающих в южных районах Архангельской области // Экология человека. № 3. С.30-33.
- Кубасова Е.Д., Иванова Е.В., Кубасов Р.В., Горбачев А.Л. 2006. Йодная характеристика некоторых природно-географических территорий Архангельской области // Тезисы докл. и лекций "XIII Междунар. совещание и VI школа по эволюционной физиологии". СПб. С.120-121.
- Куркатов С.В., Климацкая Л.Г., Шевченко И.Ю., Васильевский А.М. 2004. Подходы к оценке здоровья детей Севера Красноярского края по элементному составу волос // Микроэлементы в медицине. Т.5. Вып.4. Материалы 1-го съезда РОСМЭМ. С.76-77.
- Лимин Б.В., Маймулов В.Г., Мясников И.О. и др. 2003. Гигиеническая диагностика загрязнения среды обитания солями тяжелых металлов: Монография. СПб.: СПб ГМА им. И.И. Мечникова. 130 с.
- Максимова И.А., Протасова О.В. 2005. Исследование содержания макро- и микроэлементов в сыворотке крови и волосах у детей, проживающих в Архангельской области // Актуальные вопросы здоровья и среды обитания современного человека: Материалы II Всерос. науч. конф. Ульяновск: УлГУ. С.64-65.
- Малов А.И. 2002. Подземные воды Европейского Севера // География Европейского Севера. Проблемы природопользования, социально-экономические, экологические: Сб. научных трудов / Отв. ред. Н.М. Бызова. Архангельск: Поморский государственный университет им. М.В. Ломоносова. С.59-69.
- Малов А.И. 2004. Качество воды и здоровье человека // Биологические аспекты экологии человека: Сб. Материал. Всерос. конф. с междунар. участием. Архангельск. Т.1. С.295-298.
- Марачев А.Г., Жаворонков А.А. 1987. Аклиматизационный дефицит железа // Физиол. человека. Т.13. № 4. С.640-646.
- Москоченко Д.В. 2004. Микроэлементы в водных источниках севера Западной Сибири и их влияние на здоровье населения // Микроэлементы в медицине. Т.5. Вып.4. С.93-95.
- Никитин Ю.П., Журавская Э.Я. 2003. Железодефицитные состояния и анемии в Сибири и на Севере. Новосибирск: Наука. 84 с.
- Нотова С.В., Бурцева Т.И. 2004. Оценка содержания макроэлементов в волосах учащейся молодежи г. Оренбурга // Микроэлементы в медицине. Т.6. Вып.1. С.8-12.
- Пальчикова Н.А., Селятицкая В.Г., Герасимова И.Ш. и др. 2001. Йододефицитные состояния и подходы к их профилактике у детей и подростков, проживающих в Новосибирске (итоги 10-летнего изучения) // Микроэлементы в медицине. Т.2. Вып.4. С.23-30.
- Панин Л.Е. 1980. Изменения обмена витаминов, солей и микроэлементов // Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт / Под ред. В.П. Казначеева. Л.: Медицина. С.98-108.
- Петренко Э.П., Трегубов О.Д., Чернуха А.Д. 1998. Предварительные результаты интерпретации данных нейтронно-активационного анализа биосубстратов человека на Чукотке // Чукотка: природа и человек. Магадан: Чукотский филиал СВКНИИ ДВО РАН. С.124-128.
- Подколзин А.А., Гуревич К.Г. 2002. Действие биологически активных веществ в малых дозах. М.: изд-во КМК. 170 с.
- Подымов В.К., Гладких С.П., Пирузян Л.А. 1979. Лигандная патология. Сб.: Проблемы изыскания, исследования и производства новых лекарственных средств. Каунас: Швиеса. С.47-49.
- Поляк-Блажи М. 2002. Роль железа в канцерогенезе, антиканцерогенный эффект соединений железа. Часть I. Связь железа с канцерогенезом // Микроэлементы в медицине. Т.3. Вып.1. С.20-28.
- Полякова Е.В., Малов А.И. 2005. Формирование стронций-содержащих подземных вод в Беломорье // Вестник Поморского Университета. Серия «Естественные и точные науки». Архангельск: ПГУ им. М.В. Ломоносова. Вып.1(7). С.39-46.
- Пурмаль А.П. 1998. Антропогенная токсикация планеты. Часть 1 // Сорос. образоват. ж. № 9. С.39-45.
- Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., Кирьянова Л.Ф. 2000. Гигиеническая оценка обеззараживания, очистки и кондиционирования питьевой воды методом йодирования // Материалы 4-й междунар. конгресса "Вода: экология и технология". М. С.410-411.
- Ревич Б.А. 1990. Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязнения производственной и окружающей среды // Гиг. и сан. № 3. С.55-59.
- СанПиН 2.1.4.-1074-01. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.09.2001 № 24 "О введении в действие санитарных правил" "Российская газета" № 223 от 14.11.2001.
- СанПиН 2.1.4.1116-02. Постановление Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 г. № 554 "О введении в действие санитарно-Эпидемиологических правил и нормативов Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества".
- Серпов В.Ю., Карначев И.П., Никанов А.Н., Храмов А.В. 2000. Особенности минерального обмена у жителей Кольского Севера и влияние на него атмосферных выбросов металлургического комбината "Североникель" // Организм и окружающая среда: жизнеобеспечение и защита человека в экстремальных условиях. Материалы Росс. конф. М. Т.2. С.86-87.
- Серпов В.Ю., Горшков Э.С., Иванов В.В., Храмов А.В. 2005. К вопросу о чувствительности артериальной системы

- к влиянию космофизических факторов в районах с различной жесткостью питьевой воды // Экология человека. № 11. С.25-27.
- Скальная М.Г., Дубовой Р.М., Скальный А.В. 2004. Химические элементы-микронутриенты как резерв восстановления здоровья жителей России: Монография. Оренбург: РИК ГОУ ОГУ. 239 с.
- Скальная М.Г., Демидов В.А., Скальный А.В. 2003. О пределах физиологического (нормального) содержания Са, Mg, P, Fe, Zn и Cu в волосах человека // Микроэлементы в медицине. Т.4. Вып.2. С.5-10.
- Скальная М.Г., Нотова С.В. 2004. Макро- и микроэлементы в питании современного человека: эколого-физиологические и социальные аспекты. М.: РОСМЭМ. 310 с.
- Скальный А.В., Рудаков И.А. 2004. Биоэлементы в медицине. М.: Изд. дом "Оникс 21 век": Мир. 272 с.
- Скальный А.В. 1995. Влияние свинца и других тяжелых металлов на здоровье детей: Тез. докл. междунар. совещания. М.
- Скальный А.В. 1999. Микроэлементозы человека (диагностика и лечение). М.: Научный мир. 96 с.
- Скальный А.В. 2000а. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климато-географических регионов: Дис... д-ра. мед. наук / РУДН. М. 361 с.
- Скальный А.В. 2000б. Диагностика и профилактика микроэлементозов с учетом результатов медико-экологической экспертизы // Маймулов В.Г., Нагорный С.В., Шабров А.В. Основы системного анализа в эколого-гигиенических исследованиях. СПб: СПбГМА им. И.И. Мечникова. С.175-199.
- Скальный А.В. 2004. Магний – энергия жизни, уверенность, сила. М.: МедЭкспертПресс. 38 с.
- Скальный А.В., Горбачев А.Л., Велданова М.В. 2004. Элементный статус детей Северо-Востока России. Оренбург: РИК ГОУ ОГУ. 189 с.
- Скальный А.В., Яцык Г.В., Одинаева Н.Д. 2002. Микроэлементозы у детей: распространенность и пути коррекции. Практическое пособие для врачей. М. 86 с.
- Сусликов В.Л., Толмачева Н.В., Родионов В.А., Демьянова В.Н. 2001. О критериях оценки обеспеченности организма человека атомовитами // Микроэлементы в медицине. Т.2. Вып.3. С.2-9.
- Сусликов В.Л. 2002. Геохимическая экология болезней. В 4 т. Т.3: Атомовитозы. М.: Гелиос АРВ. 670 с.
- Суханов С.Г. 2002. Избранные вопросы экологической морфологии фетоплацентарной системы человека // Экология человека. № 4. С.34-37.
- Сынзыныс Б.И., Момот О.А., Полякова Л.П. и др. 2004. Экологические факторы риска для населения при употреблении питьевой воды из подземных источников // Биологические аспекты экологии человека: Сб. материалов Всеросс. конф. с междунар. участием. Архангельск. Т.2. С.160-164.
- Теддер Ю.Р. 1994. Роль микроэлемента фтора в адаптации организма к условиям Севера // Экология человека. № 1. С.134-138.
- Теддер Ю.Р., Гордиенко П.П. 2002. Современное состояние проблемы йодного дефицита в Архангельской области // Экология человека. № 2. С.6-8.
- Теддер Ю.Р., Жаворонков А.А. 1988. Особенности метаболизма фтора при адаптации организма к охлаждению // Физиология человека. № 1. С.123-128.
- Терлугова О.В. 2002. Эндокринологические аспекты проблемы дисэлементозов и других пищевых дисбалансов: Учебное пособие. Ярославль: Александр Ротман. 48 с.
- Тутельян В.А. 1996. Питание и здоровье на Севере: приоритетные направления // Медицина труда. № 6. С.16-19.
- Тутельян В.А., Спиричев В.Б., Суханов Б.П., Кудашева В.А. 2002. Микронутриенты в питании здорового и больного человека. М.: Колос. 423 с.
- Тюхтина Е.В. 2001. Проблема загрязнения подземных вод природным стронцием // Материалы междунар. молодежного экологического форума стран Баренц-региона. Архангельск. С.113-114.
- Унгурияну Т.Н., Лазарева Н.К., Гудков А.Б., Бузинов Р.В. 2006. Оценка напряженности медико-экологической ситуации в промышленных городах Архангельской области // Экология человека. № 2. С.7-10.
- Францишко В.П., Мищенко А.И. 2004. Заболеваемость железodefицитными анемиями жителей заполярной Воркуты – угледобывающего города республики Коми // Проблемы адаптации человека к экологическим и социальным условиям Севера. Тез. докл. Сыктывкар. С.113-116.
- Хакимова А.М. 1980. Реакция организма человека в Чиагурском марганцевом субрегионе биосферы // Труды биогехим. лаб. Т.18. М.: Наука. С.162-168.
- Хотимченко С.А., Спиричев В.Б. 2002. Микронутриенты – важнейший фактор сбалансированного питания // Гинекология. Т.4. № 3.
- Черняева Т.К., Матвеева Н.А., Кузмичев Ю.Г., Грачева М.П. 1997. Содержание тяжелых металлов в волосах детей в промышленном городе // Гиг. и сан. № 3. С.26-28.
- Чурина С.К. 1988. Эколого-физиологические аспекты формирования артериальной гипертензии в условиях Ленинграда: факты и гипотезы // Физиологический журнал СССР. № 11. С.1615-1631.
- Шацова Е.Н., Маркова О.В. 1997. Полимикрэлементоз у подростков с гиперплазией щитовидной железы // Тез. докл. Междунар. научно-практ. конф. "Ребенок и качество его жизни". Архангельск. С.39-40.
- Шацова Е.Н., Сычева Л.Н. 1995. Геохимическая экология человека в условиях Севера России // Экология человека. Приложение. С.82-83.
- Шварцман Ю.Г., Игловский С.А., Болотов И.Н. и др. 2004. Геоэкологическая ситуация на территории геобиосферного стационара РАН "Ротковец" // Биологические аспекты экологии человека: Сб. материалов Всеросс. конф. с междунар. участием. Архангельск. С.262-264.
- Шендеров Б.А. 2002. Адаптивная эволюция механизмов гомеостаза живых организмов как основа разработки практических приемов диагностики и корректирующих технологий сохранения и восстановления здоровья // Материалы науч.-практ. конф. «Новые методы диагностики и лечения лиц, подвергшихся радиационному воздействию». М.: Изд-во КМК. С.47-55.
- Щеплягина Л.А. 2001. Цинк в педиатрической практике

- (учебное пособие). М.: Медпрактика-М. 84 с.
- Юшманова Т.Н., Образцов Ю.Л., Богданов М.В. и др. 1999. Флюороз зубов у детей и подростков городов Архангельска и Новодвинска // *Экология человека*. № 2. С.64-67.
- Anke M., Nillor M., Kronoinman I. 1994. Cadmium in feed – foodstuffs // *Proc.Doc.Nutr.Physiol.* No.2. P.9-16.
- Bergomi M., Borella P., Fantuzzi G. 1989. Blood, tooth, and hair: three different matrixes to evaluate lead and cadmium exposure in children living in an industrial area // *Ann. Ig.* Vol.1. P.1185-1196.
- Caroli S., Senofonte O., Violante N. 1992. Assessment of reference values for elements in hair of urban normal subjects // *Microchem. J.* Vol.46. No.2. P.174-183.
- Demidov V.A., Skalny A.V. 2002. Men's and women's hair trace element concentrations in Moscow region // *Микроэлементы в медицине*. Т.3. Вып.3. С.48-51.
- Grabeklis A.R., Skalny A.V. 2003. Hair elemental content of teenagers: influence of physiological and ecological factors // *Микроэлементы в медицине*. Т.4. Вып.3. С.25-31.
- Greger J.L. 1998. Dietary standards for manganese: overlap between nutritional and toxicological studies // *J. Nutr.* Vol.128. P.368S-317S.
- Kisters K., Wessels F., Tokmak F. 2004. Early-onset increased calcium and decreased magnesium concentrations and an increased calcium/magnesium ratio in SHR versus WKY // *Magnes Res.* Vol.17(4). P.264-269.
- Krupa K., Puczkowski S. Badanie pierwiastkow wlosow. Laboratorium pierwiastkow nieznachney ilosci. Lodz. 23 p.
- Miekeley N., De Carvalho Fortes L.M., Porto da Silveira C.L., Lima M.B. 2001. Elemental anomalies in hair as indicators of endocrinologic pathologies and deficiencies in calcium and bone metabolism // *J. of Trace Elements in Med.and Biol.* Vol.15. Iss.1. P.46-55.
- Miyake Y., Iki M. 2004. Lack of association between water hardness and coronary heart disease mortality in Japan // *Int.J.Cardiol.* Vol.96(1). P.25-28.
- Poljak-Blazi M. 2003. Role of iron in carcinogenesis, and anticarcinogenic effect of iron compounds // *Trace elements in medicine*. Vol.1. P.29-42.
- Ren Y., Zhang Z. et al. 1997. Diagnosis of lung cancer based on metal contents in serum and hair using multivariate statistical methods // *Talanta*. Vol.44. Iss.10. P.1823-1831.
- Stambuk-Giljanovi N., Stambuk D. 2005. Information subsystem of total hardness (Ca + Mg) as a database for studying its influence on human health // *J. Med. Syst.* 29(6). P. 671-678.
- Trace elements in human nutrition and health. 1996. Geneva, WHO. 343 p.
- Vivoli G., Bergomi M., Borella P., Fantuzzi G, Caselgrandi E. 1989. Cadmium in blood, urine, and hair related to human hypertension // *J. Trase Elem. Electrolytes Health Dis.* Vol.3. No.3. P.139-145.