

УДК 577.118:613.2+577.118:613.3]:574

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВОВ ОПТИМАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ И СООТНОШЕНИЙ МАКРО-И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ И СУТОЧНЫХ ПИЩЕВЫХ РАЦИОНАХ

Толмачева Н.В., Сусликов В.Л., Винокур Т.Ю.

*ФГОУ ВПО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,
ПНИЛ кафедры профилактической медицины, Чебоксары,
e-mail: Profmed-chgu@mail.ru*

Проведён анализ результатов эпидемиологических, физиолого-гигиенических, спектрометрических, биохимических, иммуноферментных и экспериментальных исследований, выполнен ретроспективный анализ первичных материалов сотрудников ПНИЛ за последние 10 лет (2000–2009 гг.). С использованием современных и адекватных методов атомной абсорбции, ионоселекции, иммуноферментации и санитарно-химического анализа воды, пищи, биосубстратов (моча, волосы, сыворотка крови, ткани внутренних органов экспериментальных животных) определены фактические значения оптимальных уровней и соотношений микроэлементов в суточных пищевых рационах, питьевой воде и сыворотке крови. Разработаны способы расчёта нормативных значений микроэлементов (патент № 2355318), моделирования артериальной гипертензии (патент № 2359338), проведён расчёт циклической компоненты в аддитивной модели и расчёт линейного тренда. Совокупные материалы позволили обосновать новые нормативы оптимальных уровней и соотношений макро- и микроэлементов в воде и суточных пищевых рационах с эколого-физиологических позиций.

Ключевые слова: микроэлементы, аномально-регулируемые, аномально-нерегулируемые, оптимальные соотношения

Несмотря на то, что значение микроэлементов в процессах жизнедеятельности еще не нашло должного отражения в физиологии и практической медицине, макро- и микроэлементы являются компонентами закономерно существующей очень древней и сложной физиологической системы, участвующей в регуляции жизненных функций организма человека на всех стадиях развития. Принципиально важным для оптимального функционирования организма является не только количество попадающего в организм макро- и микроэлемента, сколько его количественное соотношение с другими микроэлементами. Особая физиологическая роль микроэлементов «открывает», по мнению В.В. Ковальского и В.В. Ермакова «...пути для физиологической дифференциации живого вещества в биосфере» [2, 3]. Однако физиологическая гетерогенность человеческих популяций в свя-

зи с геохимическими условиями остаётся малоизученной.

Известно, что большинство здоровых людей слабо реагирует на действие геохимических условий. Однако изменения микроэлементного состава организма вследствие дефицита или избытка в пищевых цепях со временем может вызывать нарушения функционального статуса организма, снижая его приспособительные резервы и уменьшая тем самым резистентность к действию других факторов. А.П. Авцын указывал, что для предупреждения микроэlementозов необходимо учитывать низкие приспособительные возможности жителей определённых биогеохимических регионов и провинций [1]. В настоящее время это приобретает особую актуальность в связи с практическими проблемами экологического нормирования микроэлементов. Так в Постановлении правительства РФ «О мерах

по профилактике заболеваний, обусловленных дефицитом йода и других микронутриентов», ставится важнейшая задача оптимизации макро- и микроэлементного состава суточных пищевых рационов за счёт восполнения дефицита витаминов, минеральных веществ Са, Na, К, пищевых волокон и микроэлементов J, F, Se, Zn, Fe. Предлагается решить важнейшую задачу «восполнения дефицита микроэлементов за счёт подземных вод, если её солевой состав соответствует представлениям об оптимальном содержании в ней макро- и микроэлементов».

Как было отмечено нами ранее, отсутствие физиологически обоснованных критериев оптимальности макро- и микроэлементного состава питьевых вод и суточных пищевых рационов в значительной степени затрудняет исполнение как Постановлений правительства РФ № 917 от 10.08.1998 г., и № 119 от 05.10.1999 г., так и Федерального закона РФ № 29-ФЗ от 02.01.2000 г. «О качестве и безопасности пищевых продуктов», с одной стороны, и определяет высокую актуальность проблемы, – с другой.

Целью исследования ставилось эколого-физиологическое обоснование оптимальных уровней и соотношений макро- микроэлементов в питьевой воде и суточных пищевых рационах.

Материал и методы исследований. Исследования проводили с применением следующих методов:

1) физиолого-гигиенических – сравнительный анализ заболеваемости, смертности, распространенности сердечно-сосудистых заболеваний по данным официальных статистических документов МЗСР ЧР за 20 лет (1980–2009 гг.), государственные доклады за период с 2001 по 2008 г., мониторинг питания и водоснабжения населения ЧР за 25 лет, измерения артериального давления среди населения сравниваемых территорий, электрокардиографические исследования с применением физической нагрузки, исследования минерального обмена с использованием водной и кальциевой нагрузки, экспериментальные исследования

на лабораторных животных с биогеохимическим моделированием;

2) спектрометрических – исследования уровней содержания макро- и микроэлементов в питьевых водах, суточных пищевых рационах и биоматериалах (моча, сыворотка крови, ткани внутренних органов экспериментальных животных) с использованием атомно-абсорбционного спектрометра «Квант-Z. ЭТА», ионоселективного анализатора «Эксперт-1»;

3) биохимических и иммунологических – определение общего холестерина, липопротеидов, триглицеридов, иммуноглобулинов, Т и В лимфоцитов по стандартным иммуноферментным и биохимическим тестам;

4) математических – статистическую обработку результатов с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel-2007, корреляционный и факторный анализ проводили методом главных компонент с последующим вращением (Veriwarz), проведён математический расчёт циклической компоненты в аддитивной модели и расчёт линейного тренда, составлена авторская программа расчёта нормативных значений микроэлементов;

5) ретроспективного анализа первичных материалов сотрудников ПНИЛ кафедры профилактической медицины за последние 10 лет (2000–2009 гг.).

Результаты и их обсуждение. Сотрудниками проблемной лаборатории кафедры профилактической медицины А.Н. Андреевым, С.П. Сапожниковым, Р.В. Степановым, Ю.Г. Максимовым, В.Д. Семёновым, Ж.В. Масловой изучались причинно-следственные связи хронических неинфекционных заболеваний с эколого-биогеохимическими факторами и была констатирована прямая корреляционная связь изучаемых заболеваний с высоким содержанием в воде и пище практически здоровых жителей Присурского субрегиона Чувашии макро- и микроэлементов (кальция, натрия, кремния, фтора, марганца, мышьяка) и пониженный уровень йода, кобальта, магния, калия.

С.П. Сапожниковым в 2001 году впервые сделана попытка обоснования гипотетических оптимальных значений химического состава питьевых вод и водно-пищевых рационов в натурных исследованиях и экспериментальном моделировании. Проведённая С.П. Сапожниковым диагностика биогеохимических и антропогенных факторов, присутствующих в различных районах Чувашии, а также математическая обработка результатов исследований выявила комплекс факторов в различных средах, играющих роль в развитии хронических неинфекционных заболеваний [6].

В последние десятилетия были предложены многочисленные методологические подходы к проблеме нормирования оптимальных значений макро- и микроэлементов однако они приемлемы для нормирования одного элемента по одному из лимитирующих показателей вредности. Werman M.J. [8] указывал, что понятие оптимального значения содержания того или иного элемента лишь предполагается, так как не существует точного определения понятий оптимальности и здоровья населения.

В настоящее время единственно правильной, по нашему мнению, является методология нормирования оптимальных уровней и соотношений макро- и микроэлементов в питьевой воде и суточных пищевых рационах, основанная на результатах эколого-биогеохимического зонирования территорий, разработанная и выполненная нами [7].

Доказательством правильности выбора данной методологии могут служить исследования путём проведённых нами динамических наблюдений в течение последних 15 лет (1990–2005 гг.), которые позволили оценить характер питания и водоснабжения населения Чувашии в связи с региональными особенностями распространения ишемической болезни сердца (ИБС) и неоднородными эколого-биогеохимическими характеристиками зон постоянного проживания. Мониторинг питания населения

Чувашии показал, что ИБС тесно связана с магнием, железом, фтором, кремнием, молибденом, мышьяком, цинком, хромом, марганцем, кадмием и их соотношением с йодом в суточных водно-пищевых рационах.

Корреляционный и многофакторный дисперсионный анализы показали, что наибольший вклад в дисперсию (55,27%) вносят кремний и величины соотношений кремния с йодом, цинком, фтором, магнием и медью. Величина вклада в дисперсию марганца и его соотношения с йодом составила 16,30%, вклад в дисперсию кальция и фтора равен 16,26%. Разработанный с нашим участием способ получения оценок нормативных значений содержания микроэлементов в среде обитания человека [4] позволяет получать интервалы значений содержания в суточных водно-пищевых рационах каждого микроэлемента (табл. 1) и может быть рекомендован как оптимальный, сбалансированный, определяющий состояние здоровья групп населения, проживающих на территории, отнесённой к зоне эколого-биогеохимического оптимума.

Фактические средние уровни содержания и соотношения макро- и микроэлементов, определённые нами современными методами атомной абсорбции и ионоселективного анализа в зоне эколого-биогеохимического оптимума (табл. 2), подтверждают данные математического расчёта показателей.

Для установления фактических уровней содержания и соотношения макро- и микроэлементов в питьевой воде необходимо провести лабораторные исследования всех источников питьевого водоснабжения, что планируется осуществить в следующем году.

Рекомендованные нами к нормированию оптимальные уровни и соотношения макро- и микроэлементов в суточных водно-пищевых рационах населения были проверены в условиях экспериментального моделирования, что позволило нам разработать способ моделирования артериальной гипертензии и получить патент [5].

Таблица 1

Расчётные уровни минимальных и максимальных значений макро- и микроэлементов в водно-пищевых рационах жителей зоны эколого-биогеохимического оптимума

Макро- и микроэлементы	Единицы измерений	Минимальные значения	Максимальные значения
Йод	мкг/сутки	112,8	165,0
Кобальт	мкг/сутки	59,1	76,7
Молибден	мг/сутки	0,09	0,14
Марганец	мг/сутки	4,11	6,05
Цинк	мг/сутки	11,92	16,50
Медь	мг/сутки	1,22	2,00
Железо	мг/сутки	12,09	15,41
Кремний	мг/сутки	8,02	12,95
Алюминий	мг/сутки	0,21	0,37
Фтор	мг/сутки	2,04	2,56
Свинец	мг/сутки	0,09	0,15
Кадмий	мг/сутки	0,90	0,95
Никель	мг/сутки	0,65	0,81
Бериллий	мкг/сутки	0,015	0,024
Хром	мг/сутки	0,22	0,28
Стронций	мкг/сутки	0,19	0,246
Магний	г/сутки	0,300	0,423
Кальций	г/сутки	0,806	0,954
Фосфор	г/сутки	1,053	1,305
Калий	мг/сутки	3,99	4,64
Серебро	мкг/сутки	0,084	0,146

Полученные в условиях экспериментального моделирования данные подтвердили, что впервые была создана модель биогеохимической артериальной гипертензии, объективно доказывающая участие макро- и микроэлементов воды и кормов в

адаптационных сдвигах микроэлементного гомеостаза животных, в развитии глубоких дисбиотических изменений и донозологических сдвигов в липидном обмене, сочетающихся по времени с ростом кровяного давления у животных.

Таблица 2

Средние уровни содержания и соотношений макро- и микроэлементов в суточных водно-пищевых рационах жителей зоны эколого-биогеохимического оптимума ($n = 20$).

Макро- и микроэлементы	Единицы измерений	Средний уровень $M \pm m$	Соотношение с йодом
Йод	мкг/сутки	149,5 + 8,6	1
Кобальт	мкг/сутки	70,5 + 6,3	0,5
Молибден	мг/сутки	0,12 + 0,01	0,7
Марганец	мг/сутки	5,3 + 0,9	30,0
Цинк	мг/сутки	14,3 + 1,3	70,0
Медь	мг/сутки	1,9 + 0,05	11,0
Железо	мг/сутки	13,5 + 1,1	80,0
Кремний	мг/сутки	10,3 + 1,3	35,0
Алюминий	мг/сутки	0,3 + 0,03	2,0
Фтор	мг/сутки	2,25 + 0,2	12,0
Свинец	мг/сутки	0,11 + 0,04	0,15
Кадмий	мг/сутки	0,91 + 0,09	0,35
Никель	мг/сутки	0,7 + 0,03	0,5
Бериллий	мкг/сутки	0,02 + 0,001	0,015
Хром	мг/сутки	0,25 + 0,08	0,05
Стронций	мкг/сутки	0,22 + 0,03	0,05
Магний	г/сутки	0,35 + 0,01	3000,0
Кальций	г/сутки	0,9 + 0,01	5000,0
Фосфор	г/сутки	1,2 + 0,09	9500,0
Калий	мг/сутки	4,3 + 0,1	28,6
Серебро	мкг/сутки	0,1 + 0,01	0,68

Список литературы

1. Авцын А.П. Микроэлементозы человека. / А.П. Авцын, А.А.Жаворонков, М.А. Риш. – М., 1991. – 496 с.
 2. Ермаков В.В. Геохимическая экология организмов как следствие системного изучения биосферы / Проблемы биогеохимии и геохимической экологии; Сб. – М.: Наука, 1999. – С. 152–183.
 3. Ковальский В.В. Геохимическая экология. – М.: Наука, 1974. – 280 с.
 4. Пат. 2355318 Российская Федерация, (19) RU(11) 2 355 318(13) С1. Способ получения оценок нормативных значений содержания микроэлементов в среде обитания человека. / Иванов А.Г, Орлов В.Н. Винокур Т.Ю.; заявитель ФГОУ ВПО «Чувашский государственный уни-

верситет им. И.Н.Ульянова». -№ 2007139746/14; заявл.26.10.2007; опубл. 20.05.2009, Бюл. № 14. – 4 с.
 5. Пат. 2359338 Российская Федерация, (19)RU(11) 2 359 338(13) С1. Способ моделирования артериальной гипертензии / Маслова Ж.В., Сусликов В.Л. Толмачева Н.В., Лихова О. И.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова». -№ 2008106685; заявл. 20.02.2008; опубл.20.06.2009, Бюл. № 17. – 5 с.
 6. Сапожников, С.П. Влияние эколого-биогеохимических факторов среды обитания на функциональное состояние и здоровье населения Чувашии: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2001. – 33 с.
 7. Толмачева Н.В. Эколого-биогеохимическое зонирование территорий – методологи-

ческая основа нормирования микроэлементов в питании / Н.В. Толмачева, В.Л. Сусликов, В.А. Козлов / Сб. материалов 4 Российской биогеохимической школы. – М.: Изд-во КМК, 2003. – С. 224–229.

8. Werman M.J. Partial amelioration of the severity of copper deficiency by food restriction in rats a copper – deficient-high-fructose diet / M.J. Werman, S.J. Bhathena // Trace Elements in man and animal. – ТЕМА – 8. – Germany. Jena. – 1993. Verlag Media Touristik. – P. 335–336.

Рецензенты:

Ярославцев Александр Станиславович, д.м.н., зав. кафедрой профессиональных гигиен медико-профилактического факультета ГОУ ВПО «Астраханская государственная медицинская академия Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию»;

Куприянов С.В., д.м.н., профессор, зав. кафедрой нормальной физиологии ФГОУ ВПО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары.

ECOLOGO-PHYSIOLOGICAL SUBSTANTIATION OF NORMS OF OPTIMAL LEVELS AND CORRELATIONS OF MACRO- AND TRACE ELEMENTS IN DRINKING WATER AND DIETARY INTAKE

Tolmacheva N.V., Suslikov V.L., Vinokur T.Yu.

FSEI HPE «Chuvash State University named I.N. Ulyanov»,

PSIL of Prophylactic Medicine Chair, Cheboksary,

e-mail: Profmed-chgu@mail.ru

The analysis of results of epidemiological, physiologo-hygienic, spectrometric, biochemical, immunoenzymatic and experimental investigations was carried on; the retrospective analysis of primary materials of PSIL's employees last (2000-2009) was carried out. By using modern and adequate methods of atomic absorption, ion selection, immunofermentation and sanitary-chemical analysis of water, food, biosubstrates (urine, hair, blood serum, tissues of internal organs of experimental animals) the actual values of optimal levels and correlations of trace elements in daily dietary intake, drinking water and blood serum were determined. The following methods were developed: 1) estimation of normative trace elements' values (patent № 2355318); 2) arterial hypertension modeling (patent № 2359338); estimation of cyclic components in additive model and estimation of linear trend were carried on. The total material allowed substantiating the new norms of optimal levels and correlations of macro- and trace elements in water and dairy dietary intake from ecologo-physiological positions.

Keywords: trace elements, anomalously regulated, anomalously unregulated, optimal correlations