

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ
МИКРОЭЛЕМЕНТОГО СОСТАВА БИОСУБСТРАТОВ
У ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИИ**

С.Г. Суханов^{1*}, А.Л. Горбачев²

¹ Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

² Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан

РЕЗЮМЕ. С помощью атомно-абсорбционной спектрофотометрии и пламенной фотометрии в органах и тканях (кровь, амниотическая жидкость, волосы, кость) у 242 взрослых мужчин и женщин, а также у 122 новорожденных детей определены и проанализированы уровни эссенциальных и токсичных биоэлементов (Na, K, S, Cl, Ca, Mg, Co, Cr, Cu, Zn, Fe, Pb, Cd, Mn, Al, Ni, Sr, B, Ba, Bi, Li).

Материал для исследований забирали в лечебных учреждениях Архангельской области и Республики Коми. Уровни биоэлементов сравнивали с биологически допустимыми для соответствующих органов и тканей. Установлено, что комплекс экстремальных природных и антропо-техногенных факторов Северо-Западных регионов России сопровождается развитием микроэлементозов, в том числе техногенного характера. Возрастные сдвиги уровней биоэлементов выражались в снижении уровней меди и кальция. Дисбаланс жизненно важных элементов (медь, железо) в структурах и средах фето-плацентарного комплекса увеличивал риск развития анемий у матери и плода. Кумулятивные свойства костной ткани и возрастной остеопороз у взрослых жителей региона создают предпосылки к развитию патологии опорно-двигательного аппарата. Выявлены неблагоприятные изменения костной ткани – накопление алюминия, никеля и бора из-за их токсичности и канцерогенности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: микроэлементы, биогеохимическая провинция, межсистемные взаимоотношения.

ВВЕДЕНИЕ

Адаптивные и дизадаптивные процессы, происходящие в организме человека, тесно связаны с биогеохимической средой обитания. Указанные процессы явились основой для развития биоэлементологии – современного направления медико-биологической науки, которые изучает влияние геохимического состава биосферы на элементный статус живых организмов, включая человека (Скальный, 2004, 2009; Зайчик, Скальный, 2004; Зайчик, Агаджанян, 2004; Оберлис, Харланд, Скальный, 2008; Биккулова, 2011; Зайчик, 2013; Тамбиев, 2015).

Жизненно необходимые и токсичные химические соединения, поступающие в организм с воздухом, пищей и питьевой водой способны существенно повлиять на здоровье населения (Агаджанян и др., 2000). Дефицит, избыток или дисбаланс в организме химических элементов (биоэлементов) приводят к развитию экологозависимых заболеваний – микроэлементозов (Авцын, Жаворонков, Строчкова, 1983; Авцын и

др., 1991; Скальный, 1999; Бабенко, 2000; Сусликов, 2002; Ермаков, Самохин, Алексеева и др., 2004; Ермаков, 2013).

По мнению А.В. Скального (2004), наибольшую опасность для организма представляет дисбаланс биоэлементов с минимальной гомеостатической емкостью (P, Zn, Cu, Se, Cr, Fe, J). Автор считает, что для гигиенической и клинической донозологической диагностики микроэлементозов наиболее подходят твердые ткани (волосы, кости), обладающие кумулятивным эффектом. Аналогичные исследования жидких сред организма (кровь или тканевые жидкости) также приемлемы для выявления кратковременных сдвигов элементного статуса.

На современном этапе развития биосферы отмечается активная эволюция химического состава вещества, обусловленная антропогенным воздействием на природную среду и усилением миграции химических элементов (Ермаков, 2013). Учитывая это, и принимая во внимание геохимическую гетерогенность биосферы (Вино-

* Адрес для переписки:

Суханов Сергей Генрихович

E-mail: s.sukhanov@narfu.ru

градов, 1938), сформулируем принципиальную задачу биоэлементологии – изучение региональных особенностей элементного статуса человека. С этой целью впервые в истории отечественной биоэлементологии, под руководством президента РОСМЭМ проф. А.В. Скального проведен масштабный скрининг элементного статуса населения регионов России. Результатом многолетних исследований явился 5-томный фундаментальный труд «Элементный статус населения России, 2010–2014 гг.».

Несмотря на исследование обеспеченности микроэлементами жителей северных территорий России (Горбачев и др., 2003, 2007), мало изученными остаются возрастные изменения уровней биоэлементов в органах и тканях человека и их межсистемные взаимоотношения. Что же касается Северо-Западной территории, элементный статус ее населения исследован фрагментарно, и представлен в основном в работах А.Л. Горбачева и др. (2007) и в Руководстве «Элементный статус населения России. Ч. 3. 2012».

Цель исследования – изучить особенности содержания биоэлементов в органах и тканях жителей Северо-Западной территории России (Архангельская область, Республика Коми) и проанализировать межсистемные взаимоотношения элементов в динамике индивидуального развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследована венозная кровь, околоплодные воды и пуповинная кровь новорожденных от 122 рожениц – жительниц Архангельской области (гг. Архангельск и Новодвинск) в возрасте 22–34 лет. Биохимическими методами (эмиссионная и атомно-абсорбционная спектрофотометрия, пламенная фотометрия) в биологических жидкостях определено содержание макро- и микроэлементов (Cl, Na, K, Mg, Ca, Cu, Zn, Fe). Уровни метаболитов сопоставлены с нормативными показателями (Марку и др., 1991).

Атомно-эмиссионным методом с индукцией плазмы (Экоаналитическая лаборатория «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН) в образцах волос 70 мужчин и 22 женщин зрелого и пожилого возраста, проживавших в г. Сыктывкаре определены уровни Al, Cd, Pb, Fe, Cu, Zn, Mn, Mg, S.

Аналогичным методом в лаборатории Центра коллективного пользования «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова исследованы образцы костной ткани (ребра) 5 мужчин и 11 женщин – жителей г. Архангельска в возрасте 29–89 лет. В костной ткани определено содержа-

ние Mg, Ca, K, S, Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Al, Cd, Cr, Co, Ni, Sr, B, Ba, Bi, Li.

Забор материала для исследований осуществляли в лечебных учреждениях гг. Архангельска и Новодвинска. Образцы волос и костной ткани брали в процессе судебно-медицинских вскрытий умерших в региональных бюро Архангельской области и Республики Коми. Профиль обнаруженных биоэлементов в органах и тканях сопоставляли со средними значениями и с биологически допустимыми уровнями (БДУ) с учетом рекомендаций А.В. Скального (2004). Вариационные ряды обработаны статистически с помощью ППП «Statgraphics Plusv3.0».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование профиля биоэлементов в системе «мать-плацента-плод» проведено совместно с Н.А. Конкиевой (Конкиева, 1997; Суханов, Конкиева, 2013). Концентрации жизненно важных элементов значимо отличались от среднеширотных данных, что отражает напряженный характер функционирования репродуктивного гомеостатического комплекса у женщин-северянок (Суханов, 2013). Установлено, что соотношение и концентрации биоэлементов в жидких средах мало зависели от клинических особенностей течения беременности, что подтверждает универсальность адаптационных изменений в системе «мать-плацента-плод». Кроме того, в исследованных средах не было выявлено повышения токсичных метаболитов. В условиях физиологически протекающей беременности и ее осложненном течении содержание в сыворотке венозной крови Mg, Ca, Fe достоверно ($p < 0,01$) в 1,13, в 1,14 и в 2,46 раз соответственно превышали популяционную норму. В этой же группе рожениц концентрации в крови K, Zn и Cu были снижены.

В пуповинной крови также, независимо от характера течения беременности, снижен уровень Cu, тогда как содержания K и Fe превышали среднеширотные стандарты.

В околоплодных водах выявлено избыточное содержание Zn и Fe, а уровень Cu был резко снижен. Установленные изменения состава околоплодных вод заметно усиливались в случаях осложненного течения беременности, при этом уровни Zn и Fe превышали лимиты нормы в 5 и 8 раз соответственно. Низкое содержание Cu в сыворотке крови матери и плода повышают риск дисхроний развития из-за нарушенных синергических взаимодействий меди и железа у плода.

Известно, что метаболические изменения жизненно важных элементов включают многочисленные связи антагонистической и синерге-

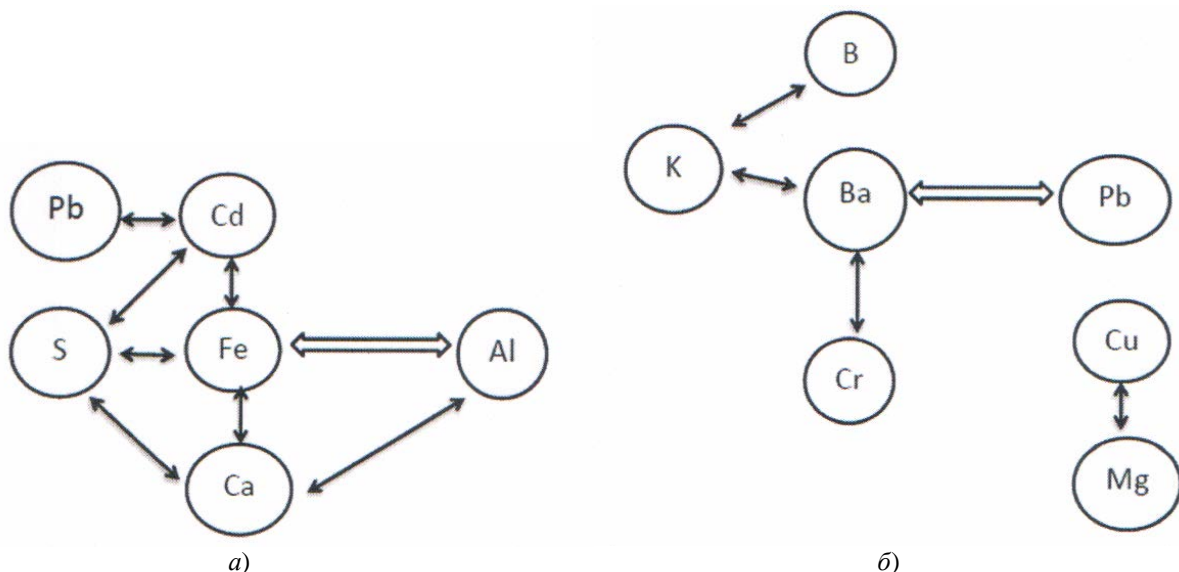
тической направленности (Скальный, 2004). Факторный анализ матрицы из 40 признаков (анамнестические, макроскопические, микроскопические и биохимические показатели) выявил изменение рисунка и направленности связей между признаками. В группе женщин с патологическим течением беременности лабилизация связей оказалась более выраженной, подтверждением чему было уменьшение числа достоверных коррелятивных связей и смена их знака (Суханов, Конкиева, 2013).

При патологическом течении беременности ведущая главная компонента (ГК1) была интерпретирована в качестве фактора репродуктивного риска. Нагрузки ГК1 соответствовали обратной связи с массой и длиной тела новорожденных, а также прямым связям уровня Mg в околоплодных водах и возраста женщин. Масса и длина тела косвенно характеризовали возраст новорожденных.

Исследование профиля биоэлементов в волосах взрослых жителей Республики Коми проведено совместно с Л.В. Кармановой (Суханов и др., 2010). Дискомфортные условия региона предопределили дисбаланс токсичных и жизненно важных биоэлементов у представителей всех сравниваемых групп, независимо от пола. Статистически достоверных различий между отклонениями индивидуальных значений за пределы БДУ между мужчинами и женщинами не выявлено. У мужчин максимум отклонений от стандартов видовой нормы (БДУ) в сторону повышения был выявлен в отношении Fe, Al и Mg (табл. 1). Наряду с железом (элемент минимальной гомеостатической емкости) в образцах волос определялся токсичный металл алюминий. Известно, что его накопление способно вызвать патологию головного мозга, костной и эпителиальной тканей и другие проявления «алюминозов» (Авцын и др., 1991).

Таблица 1. Содержание биоэлементов ($\bar{X} \pm s_x$) в образцах волос у мужчин Республики Коми, мкг/г

Элемент	Возрастная группа		
	Зрелый возраст 1 (n = 20)	Зрелый возраст 2 (n = 38)	Пожилой возраст (n = 11)
Cu	15,1±3,08	13,7±1,81	12,3±2,38
Pb	4,4±1,95	3,8±0,77	3,3±1,95
Zn	258,9±36,33	221,4±13,79	207,6±21,32
Mn	8,8±1,58	24,5±11,99	18,0±3,0
Fe	213,3±57,14	171,5±20,66	186,8±65,5
Al	102,1±24,67	80,9±15,95	94,4±44,01
Cd	0,39±0,056	0,32±0,058	0,62±0,13
Mg	206,8±10,0	237,9±16,07	168,3±25,5
S	44797±194,7	45883±576,9	45571±2,55



Структура достоверных ($p < 0,05$) корреляций биоэлементов в плеядах образцов волос (а) и костной ткани (б)

Достоверные коррелятивные связи между учитываемыми признаками в образцах волос представлены на рисунке (а). Корреляционная плеяда строилась через максимальную связь железа и алюминия, при этом железо формировало максимальное число коррелятивных связей и может считаться признаком-индикатором.

Необходимо заметить, что содержание вышеупомянутых токсичных элементов в образцах волос зависело от возраста. Так, содержание кадмия заметно выше в пожилом возрасте. Методами регрессионного моделирования статистически достоверные линейные зависимости были выявлены для Cu и Pb.

Уравнения регрессии при этом соответствовали следующим зависимостям:

$$Y_1 = 17,7 - 0,086X, Y_2 = 5,28 - 0,031X.$$

В соответствии с выявленными закономерностями, с увеличением возраста (X) в образцах волос достоверно снижалось содержание меди (Y₁) и свинца (Y₂).

Профиль основных биоэлементов в образцах костной ткани представлен в табл. 2.

Таблица 2. Профиль биоэлементов (X±sx) в образцах костной ткани жителей г. Архангельска

Элемент	Безопасно допустимый уровень (БДУ), мг/кг*	Содержание биоэлементов, мг/кг
Ca	14440-18000**	779123802
Mg	980-9370 (не токсичный)	1245±73,05
K	< 1470	919,7±94,39
Zn	125-250	88±4,37
Fe	15-50	158±19,2
Pb	0-5,0	3,8±0,98
Cr	0,1-33	2,3±0,33
Cu	6,5-15	0,88±0,22
Sr	36-100	90,1±32,04
Al	2-40	133,1±19,42
B	1,1-3,3	6,78±0,83
Ba	0,25-0,28	4,99±0,75
Ni	< 0,7	4,68±0,21
Li	0,19	0,56±0,302
Co	0,01-0,04	< 0,1
Cd	<0,5	< 0,01
Mn	0,2-100	< 10
Bi	< 0,2	< 0,2

Примечание: * – А.В. Скальный, 2004; ** – среднее содержание кальция (мг/кг) в твердых тканях человека (Человек. Медико-биологические данные, 1977).

Установлено, что содержание некоторых структурных элементов костной ткани (Mg) соответствовало опорной функции скелета. Уровни других эссенциальных элементов (Fe, Al, B, Ba) либо превышали физиологически допустимые концентрации, либо были резко снижены (Zn, Cu). Содержание условно эссенциальных элементов (B, Ni, Li) превышало допустимые уровни. Избыток Ni, по мнению А.П. Авцына с соавт. (1991), увеличивает риск канцерогенеза различных первичных локализаций, а бора – «бороза». В сочетании с недостатком меди «бороз» способствует развитию полимикроэлементозов человека (энтерит, заболевания дыхательной системы, патология печени). С другой стороны, известна важная роль бора в поддержании адаптационных процессов, происходящих в костной ткани в онтогенезе человека. Повышенное содержание Li также отражают его аккумуляцию в ткани и сложные взаимодействия между Li и другими биоэлементами в процессе возрастной перестройки костного скелета.

Уровни тяжелых металлов и токсичных элементы (Pb, Sr, Li, Co, Cd, Mn) в исследованных образцах костной ткани не превышали БДУ. Прогностически неблагоприятным следует рассматривать избыточное содержание в скелете железа, алюминия, бария, никеля. В частности, патологический исход аномального накопления алюминия многообразен и применительно к скелету может вызвать остеоидистрофию, повышенную ломкость костей и усиление других симптомов остеопороза (Авцын и др., 1991). Избыточное содержание в костной ткани бария и свинца типично для неорганического компонента скелета. Это подтверждается структурой взаимосвязей между изученными биоэлементами (рисунок, б, где корреляционная плеяда строится через признаки-индикаторы барий и свинец. Достоверные корреляционные связи объединяют барий с другими элементами, накапливающимися в скелете с возрастом. Стоящая особняком от корреляционного древа связь магний-медь при недостатке меди в костной ткани отражает процессы, сопутствующие остеопорозу.

В отличие от образцов волос, достоверная линейная регрессионная модель возрастной зависимости концентрации биоэлементов в костной ткани была подтверждена только для калия:

$$Y_3 = 1626,35 - 11,094X_3.$$

В соответствии с выявленными закономерностями, с увеличением возраста (X) в костной ткани достоверно снижается содержание калия (Y₃). Полученные материалы моделирования подтвердили ранее установленные закономерности возрастной изменчивости этого макроэлемента у

человека (Человек. Медико-биологические данные..., 1977).

Известно, что в регионах с низким уровнем кальция, но избытком стронция, бария последние нарушают фосфорно-кальциевый обмен в костной ткани, что является одним из факторов эндемического деформирующего остеоартроза (уровская болезнь). Деформирующий остеоартроз кроме Забайкалья (уровский регион) отмечен в европейской части РФ и в Швеции, что соответствует территории Северо-Западного региона (г. Архангельск).

Исходя из карты биогеохимического районирования СССР, территория Северо-Запада России относится к биогеохимической провинции, дефицитной по кобальту, меди, йоду, селену, кальцию, фосфору. В отдельных субрегионах отмечен избыток стронция (Ковальский, 1982).

Как следует из полученных данных (табл. 2), в образцах костной ткани на фоне избыточных концентраций бария и высокого содержания стронция, отмечен сниженный уровень кальция. Выявленный дисбаланс биоэлементов является предпосылкой для нарушения обмена солей кальция и развития эндемического остеоартроза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование подтвердило объективные предпосылки развития микроэлементозов у населения Северо-Западных регионов России. Наряду с действием природных экстремальных факторов Севера (Горбачев и др., 2007) в исследованных органах и тканях определены признаки «техногенных микроэлементозов» (Скальный, 2004). Ранее установлено, что в городах Архангельской области приоритетными загрязнителями атмосферы, почвы и воды являются свинец, цинк, серебро, барий, никель и другие химические элементы: их концентрации превышали фоновые показатели в 3–100 раз (Супруга и др., 1995). Исследователи проводят параллели между частотой инцидентности анемий беременных и загрязненностью среды обитания металлополлютантами. Выявленный нами дисбаланс в амниотической жидкости, а также в сыворотке крови матери и плода таких эссенциальных микроэлементов как медь и железо, увеличивает риск развития анемии и других проявлений патологии перинатального периода. В то же время в тканях фето-плацентарного комплекса не обнаружено токсичных элементов, что совпадает с данными аналогичных исследований у рожениц Мурманской области РФ и северных провинций Норвегии (Odland et al. 1996).

В твердых биопробах (волосы, кость), напротив, концентрации эссенциальных и ток-

сичных элементов превышали биологически допустимые уровни. Палитра биоэлементов в костной ткани отличалась от их спектра в волосах. Особую опасность для здоровья человека представляли избыточная кумуляция алюминия, бора и никеля в силу прямого негативного действия этих метаболитов на костную ткань, включая риск развития онкопатологии.

Возрастные изменения в жидких субстратах фето-плацентарной системы подтверждены коррелятивными связями уровней магния с учитываемым фактором. В образцах твердых тканей статистически существенными оказалось возрастное снижение содержания меди, а также понижение в волосах свинца. Возрастную аккумуляцию в костной ткани стронция, алюминия, бария, бора и, возможно, железа можно интерпретировать как механизм остеопороза.

Геохимический фон территории Северо-Запада проецируется на химический состав тканей человека. Дисбаланс биоэлементов в костной ткани создает биохимический фон для нарушения у жителей Архангельска фосфорно-кальциевого обмена с возможным развитием эндемического остеоартроза.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Авцын А.П., Жаворонков А.А., Строчкова Л.С. Принципы классификации заболеваний биогеохимической природы. Архив патологии. 1983. № 9. С. 3–14.

(Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Strochkova L.S. [Principles for classifying diseases of biogeochemical nature]. *Arkhiv patologii*. 1983. 9:3-14 [in Russ]).

Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.

(Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. [Human microelementoses: etiology, classification, organopathology]. Moscow, Meditsina, 1991 [in Russ]).

Агаджанян Н.А., Сусликов В.Л., Ермакова Н.В., Капеланова А.Ш. Эколого-биогеохимические факторы и здоровье человека. Экология человека. 2000. № 1. С. 3–5.

(Agadzhanjan N.A., Suslikov V.L., Ermakova N.V., Kaplanova A.Sh. [Ecological and biogeochemical factors in human health]. *Human ecology*, 2000. 1:3–5 [in Russ]).

Афтанас Л.И., Березкина Е.С., Бонитенко Е.Ю., Бурцева Т.И., Вареник В.И., Грабеклис А.Р., Демидов В.А., Киселев М.Ф., Николаев В.А., Скальный А.В., Скальная М.Г. Элементный статус населения России. Ч. 3: Элементный статус населения Северо-Западного, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. Под ред. А.В. Скального, М.Ф. Киселева. СПб.: Медкнига «ЭЛБИ-СПб», 2012. 447 с.

(Aftanas L.I., Berezkina E.S., Bonitenko E.Yu., Burtseva T.I., Varenik V.I., Grabeklis A.R., Demidov V.A., Kiselev M.F., Nikolaev V.A., Skal'nyy A.V., Skal'naya M.G. [Elemental status of the population of Russia. Part 3. Elemental status of the population of the North-Western, Southern and North-Caucasian Federal Districts]. Ed. by A.V. Skalny, M.F. Kiselev. Saint Petersburg: Medkniga «ELBI-SPb», 2012 [in Russ]).

Бабенко Г.А. Микроэлементозы человека: патогенез, профилактика, лечение. Микроэлементы в медицине. 2001. Т. 2. Вып. 1. С. 2–5.

(Babenko G.A. [Human microelementoses: pathogenesis, prophylactics, treatment]. Trace Elements in Medicine (Moscow). 2001, 2(1):2–5 [in Russ]).

Биккулова А.Т. Научные основы биоэлементологии: роль биоэлементов в биосфере и медицине. Микроэлементы в медицине. 2011. Т.12. Вып. 3–4. С.54–58.

(Bikkulova A.T. [Scientific foundations of bioelementology: the role of bioelements in the biosphere and medicine]. Trace Elements in Medicine (Moscow). 2011. 12(3–4):54–58 [in Russ]).

Виноградов А.П. Биогеохимические провинции и эндемии. ДАН СССР. 1938. Т. 18. № 4/5. С. 283–286.

(Vinogradov A.P. [Biogeochemical provinces and endemias]. DAN USSR. 1938. 18(4/5):283–286 [in Russ]).

Горбачев А.Л., Ефимова А.В., Луговая Е.А., Бульбан А.П. Особенности элементного статуса жителей различных природно-географических территорий Магаданского региона. Экология человека. 2003. № 6. С. 12–16.

(Gorbachev A.L., Efimova A.V., Lugovaya E.A., Bul'ban A.P. [Features of elemental status of residents of different geographical territories of the Magadan region.]. Human ecology. 2003. 6:12–16 [in Russ]).

Горбачев А.Л., Добродеева Л.К., Теддер Ю.Р., Шацова Е.Н. Биогеохимическая характеристика северных регионов. Микроэлементный статус населения Архангельской области и прогноз развития эндемических заболеваний. Экология человека. 2007. № 1. С. 4–11.

(Gorbachev A.L., Dobrodeeva L.K., Tedder Yu.R., Shatsova E.N. [Biogeochemical characteristics of the northern regions of Russia. Microelement status of the population of the Arkhangelsk region and endemic forecasting]. Human ecology, 2007. 1:4–11 [in Russ]).

Ермаков В.В., Самохин В.Т., Алексеева С.А. и др. Биогеохимия – фундаментальная основа технологий коррекции элементозов. Микроэлементы в медицине. 2004. Т. 5. Вып. 4. С. 55–56.

(Ermakov V.V., Samokhin V.T., Alekseeva S.A., Degtyarev A.P., Krechetova E.V., Karpova E.A., Safonov V.A., Tyutikov V.B., Khabarov V.B. [Biogeochemistry is a fundamental basis of elements correction technologies]. Trace Elements in Medicine (Moscow). 2004. 5(4): 55–56 [in Russ]).

Ермаков В.В. Микроэлементозы: локальные и глобальные аспекты. Геохимия живого вещества: материалы Междунар. Молодежной школы семинара (Томск, 2–5 июня 2013 г.). Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. С. 64–76.

(Ermakov V.V. [Microelementoses: local and global aspects. Geochemistry of living matter: materials of the International Youth School Seminar (Tomsk, June 2–5, 2013)] Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2013: 64–76 [in Russ]).

Зайчик В.Е. Медицинская и биологическая элементология как новые научные дисциплины: состояние и перспективы. Геохимия живого вещества: Материалы Международной Молодежной школы семинара (Томск, 2–5 июня 2013 г.). Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. С. 76–82.

(Zaychik V.E. [Medical and biological elementology as new scientific disciplines: state and prospects. Geochemistry of living matter: Materials of the International Youth School Seminar (Tomsk, June 2–5, 2013)]. Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2013: 76–82 [in Russ]).

Зайчик В.Е., Агаджанян Н.А. Некоторые методологические вопросы медицинской элементологии. Вестник восстановительной медицины. 2004. Т. 9. № 3. С. 19.

(Zaychik V.E., Agadzhanyan N.A. [Some methodological questions of medical elementology]. Journal of Restorative Medicine and Rehabilitation. 2004. 9(3):19 [in Russ]).

Зайчик В.Е., Скальный А.В. Медицинская элементология. Предмет исследования, постулаты, определения, стратегия и тактика развития. Вестник ОГУ. 2004. № 4(29). С. 36–40.

(Zaychik V.E., Skalny A.V. [Medical elementology. The subject of research, postulates, definitions, strategy and tactics of development]. Vestnik OGU. 2004. 4(29): 36–40 [in Russ]).

Ковальский В.В. Геохимическая среда и жизнь. М.: Наука, 1982. 78 с.

(Kovalsky V.V. [Geochemical environment and life]. Moscow, Nauka, 1982, p.78 [in Russ]).

Конкиева Н.А. Морфофункциональные особенности строения плаценты у женщин Европейского Севера: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 1997. 21 с.

(Konkieva N.A. [Morphofunctional features of placenta structure in women of the European North]. PhD thesis abstract. St-Petersburg, 1997 [in Russ]).

Марку Г.А., Сербенко А.Г., Николай С.Л. Изменения концентрации биометаллов в системе мать-плод-амниотическая жидкость при физиологически протекающей беременности. Здравоохранение. 1991. № 1. С. 3–5.

(Marku G.A., Serbenko A.G., Nikolay S.L. [Changes in the concentrations of biometals in the mother-fetus-amniotic fluid system during physiologically occurring pregnancy]. Zdravookhranenie. 1991. 1: 3–5 [in Russ]).

Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука, 2008. 544 с.

(Oberleas D., Harland B., Skalny A. [Biological role of macro- and trace elements in humans and animals]. Saint Petersburg: Nauka, 2008 [in Russ]).

Скальный А.В. Микроэлементозы человека (диагностика и лечение). М.: Научный мир, 1999. 96 с.

(Skalny A.V. [Human microelementoses (diagnostics and treatment)]. Moscow: Nauchnyy mir, 1999 [in Russ]).

Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. 216 с.

(Skalny A.V. [Chemical elements in human physiology and ecology]. Moscow «ONIKS 21 vek»: Mir, 2004 [in Russ]).

Скальный А.В. Биоэлементология как синтезирующее направление в естествознании (приглашение к дискуссии). Вестник ОГУ. 2004. № 4(29). С. 6–7.

(Skalny A.V. [Bioelementology as a synthesizing direction in the natural sciences (invitation to discussion)]. Vestnik OGU. 2004. 4(29): 6–7 [in Russ]).

Скальный А.В. Развитие концепции биоэлементов и перспективы биоэлементологии. Микрoэлементы в медицине. 2009. Вып. 3–4. С. 1–6.

(Skalny A.V. [Development of the concept of bioelements and the prospects of bioelementology]. Trace Elements in Medicine (Moscow). 2009. 3–4:1–6 [in Russ]).

Супряга О.М., Баранов А.Н., Зенишин А.А. и др. Исходы беременности в условиях Европейского Севера. Экология человека. 1995. № 2. С. 136–143.

(Supryaga O.M., Baranov A.N., Zenishin A.A. et al. [Pregnancy outcomes in the European North]. Human ecology. 1995. 2:136–143 [in Russ]).

Сусликов В.Л. Геохимическая экология болезней. В 4-х томах. Т.3: Атомовитозы. М.: Гелиос АРВ, 2002. 670 с.

(Suslikov V.L. [Geochemical ecology of disease. Vol. 3. Atomovitoses]. Moscow: Gelios ARV, 2002 [in Russ]).

Суханов С.Г. Влияние факторов Крайнего Севера на женскую репродуктивную систему. Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Медико-биологические науки». 2013. № 4. С. 70–77.

(Sukhanov S.G. [Influence of climatic factors of the Far North on the female reproductive system]. Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya «Mediko-biologicheskie nauki». 2013. 4:70–77 [in Russ]).

Суханов С.Г., Карманова Л.В., Горбачев А.Л. Экологическая физиология биоэлементов и эндокринных желез у жителей Республики Коми. Материалы Всеросс. науч.-практич. конф. «Тобольск – научный 2010». Тобольск: Полиграфист, 12-13 ноября 2010. С. 28–31.

(Sukhanov S.G., Karmanova L.V., Gorbachev A.L. [Ecological physiology of bioelements and endocrine glands in the inhabit-

ants of the Republic of Komi]. Proc Sci Conf "Tobolsk – Scientific 2010". Tobolsk: Poligrafist, 2010. P. 28–31 [in Russ]).

Суханов С.Г., Конкиева Н.А. Элементный состав околоплодных вод и фетальный морфогенез у жителей приарктических регионов. Сб. статей V Междунар. науч.-практич. конф. «Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии и медицине» (14–15 ноября 2013 г.). Санкт-Петербург, 2013. Т. 2. С. 251–254.

(Sukhanov S.G., Konkieva N.A. [Elemental composition of amniotic fluid and fetal morphogenesis in the inhabitants of the Arctic regions]. Proc V Int Sci Conf "High Technology, Fundamental and Applied Research in Physiology and Medicine". Saint-Petersburg, 2013. 2:251–254 [in Russ]).

Тамбиев А.Х. Биоэлементология и ее связь с другими дисциплинами (обзор). Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2015. № 12. С. 23–37.

(Tambiev A.Kh. [Bioelementology and its relationship with other disciplines (review)] Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2015. 12:23–37 [in Russ]).

Человек. Медико-биологические данные (Публикация № 23 Международной комиссии по радиологической защите) / Пер. с англ. М.: Медицина, 1977. 496 с.

(Report on the Task Group on Reference Man. ICRP Publication #23. 1975).

Odland J.O., Romanova N., Sand G., et al. Preliminary report of trace elements in mothers and newborns living in the Kola Peninsula and Arkhangelsk region of Russia compared with Norwegian population. Arctic Medical Research. 1996, 55 (Suppl. 1):197–200.

THE REGIONAL FEATURES OF THE MICROELEMENT COMPOSITION OF BIOSUBSTRATES IN RESIDENTS OF THE NORTH-WEST REGION OF RUSSIA

S.G. Sukhanov¹, A.L. Gorbachev²

¹ Northern (Arctic) Federal University, Naberezhnaya Severnoj Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia

² North-Eastern State University, Portovaya str. 13, Magadan, 685000, Russia

ABSTRACT. Using atomic absorption spectrophotometry and flame photometry in organs and tissues (blood, amniotic fluid, hair, bone) in 242 adult men and women, and 122 newborn babies have been determined the levels of essential and toxic bioelements (Na, K, Mg, Ca, Cu, Zn, Fe, Cl, Pb, Mn, Fe, Al, Cd, S, Cr, Li, Ni, Sr, B, Ba, Bi, Co). Material for research was collected from different clinics of the Arkhangelsk region and the Komi Republic. The levels of the bioelements were compared to their physiological values in different organs and tissues. It was established that the complex of natural and anthropogenic extreme factors of the North-Western regions of Russia was accompanied by the development of microelementoses, including man-made disasters. Age-related changes in levels of bioelements included a significant decrease of copper and calcium levels. The imbalance of essential bioelements (copper, iron) in foeto-placental unit was associated with the risk of anemia development in mother and fetus. Cumulative properties of bone tissue and age-related osteoporosis in adult population of the region create predisposition for development of musculoskeletal pathology. Increased aluminum, nickel and boron levels have led to adverse changes in bone tissue.

KEYWORDS: trace elements, biogeochemical province, intersystem relations.