

ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО БАЛАНСА У ЮНОШЕЙ-АБОРИГЕНОВ И ЕВРОПЕОИДОВ – ПОСТОЯННЫХ ЖИТЕЛЕЙ ЧУКОТСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

© 2019 г. Е. М. Степанова, Е. А. Луговая

НИЦ «Арктика» ДВО РАН, г. Магадан

Цель – в сравнительном этническом аспекте выявить особенности структуры макро- и микроэлементного профиля юношей – жителей г. Анадыря (Чукотский автономный округ) аборигенной и европеоидной популяции из числа европеоидов – уроженцев Севера в 1–2-м поколении (укорененная популяция). *Методы*. На основе методов атомной эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой определяли в волосах испытуемых содержание 25 химических элементов (Al, As, B, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, V, Zn), что отражало их присутствие в организме. *Результаты*. Анализ результатов исследования выявил, что в организме обследованных лиц обнаруженный элементный дисбаланс имеет характерные черты так называемого «северного» типа с выраженными дефицитными концентрациями основных эссенциальных химических элементов. Индивидуальные показатели концентраций большинства химических элементов в волосах отличались высокой вариабельностью. Суммарная частота дефицита химических элементов в организме европеоидов значительно превышала аналогичный показатель в группе аборигенов. *Выводы*. Межгрупповое сравнение полученных данных в этническом аспекте выявило очевидную близость структурного профиля макро- и микроэлементов, характеризовавшегося минимальным количеством различий по значениям химических элементов. Отличие значений концентраций от референтных значений уровней химических элементов в волосах можно рассматривать как отражение особенностей генетически детерминированной системы поддержания баланса элементной системы организма у аборигенных народов севера на фоне более глубокой их системной адаптированности к экстремальным природно-климатическим и социально-экологическим условиям относительно европеоидов, даже если они также являются уроженцами региона.

Ключевые слова: Арктика, макро-, микроэлементы, аборигенная и европеоидная популяции, элементный статус организма

HAIR MICROELEMENT PROFILE IN YOUNG ABORIGINAL- AND CAUCASIAN MEN IN THE CHUKOTKA AUTONOMOUS DISTRICT (ARCTIC RUSSIA)

E. M. Stepanova, E. A. Lugovaya

Scientific Research Center “Arktika” Far-eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia

The aim is to assess hair macro- and microelement profile of young men - residents of the city of Anadyr, Chukotka Autonomous District Arctic Russia among indigenous and Caucasoid populations. *Methods*: atomic emission spectrometry and inductively coupled argon plasma mass spectrometry we used to assess concentrations of 25 elements, namely, Al, As, B, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, V, Zn in the hair of randomly selected indigenous and non-indigenous residents of Anadyr. *Results*. We observed a so-called “northern” element imbalance with the tendency towards deficiency of the basic essential chemicals. Individual concentrations of the most chemical elements in the hair were highly variable. Proportions of participants with low levels of elements in the body of the Caucasians significantly exceeded that in among the indigenous people. *Conclusions*. Ethnic variations in the hair microelement profiles were minor reflecting similarities in the structural profile of macro- and microelements. The difference in the concentration values from the reference values may be considered as a reflection of the characteristics of the genetically determined system of maintaining the balance of the body's element system in the indigenous peoples of the north and adaptation to extreme climatic and socio-ecological conditions in case of Caucasians living in this Arctic region for several generations.

Key words: Arctic, macro- and microelements, aborigine and Caucasoid populations, body element status

Библиографическая ссылка:

Степанова Е. М., Луговая Е. А. Характеристика микроэлементного баланса у юношей-аборигенов и европеоидов – постоянных жителей Чукотского автономного округа // Экология человека. 2019. № 12. С. 14–19.

Stepanova E. M., Lugovaya E. A. Hair Microelement Profile in Young Aboriginal and Caucasian Men in the Chukotka Autonomous District (Arctic Russia). *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 12, pp. 14-19.

Химический состав организма относительно стабилен благодаря регуляторным процессам гомеостаза, однако влияние различных факторов окружающей среды может в значительной степени изменять макро- и микроэлементный баланс как на индивидуальном, так и на популяционном уровне. При этом особенности минерального обмена (усвоение химических

элементов и их включение в биохимические реакции) могут быть генетически детерминированы [5].

В экстремальных условиях Севера механизмы адаптивных функциональных перестроек организма с учетом окружающих биогеохимических и санитарно-гигиенических факторов могут закономерно приводить к сдвигу микроэлементного профиля [1, 6, 9, 11].

В литературе все чаще публикуются сведения о негативных последствиях антропогенного воздействия, обуславливающего изменения традиционного уклада жизни, системы питания, повышение уровня метисации, что отражается на здоровье аборигенных популяций [7].

Проведенными нами ранее исследованиями по оценке содержания биоэлементов в организме жителей Северо-Востока из числа аборигенов было выявлено, что оно близко к элементной системе жителей Магаданской области из числа европеоидов и имеет характерные черты так называемого «северного типа», с глубоким дефицитом жизненно необходимых химических элементов [17].

Вместе с тем полученные данные в целом свидетельствуют о более благоприятном состоянии элементной системы у молодых аборигенов, постоянно проживающих на северных территориях с традиционным жизненным укладом, по сравнению с европеоидами (пришлыми и даже уроженцами Севера), несмотря на имеющиеся во всех группах сравнения разнонаправленные особенности структуры баланса в организме макро- и микроэлементов [8].

Целью исследования стало изучение в сравнительном этническом аспекте структуры макромикроэлементного профиля юношей – жителей г. Анадыря (Чукотский автономный округ) аборигенной и европеоидной популяции из числа европеоидов – уроженцев Севера в 1–2-м поколении (укорененная популяция).

Методы

Образцы волос были собраны зимой 2015 года с соблюдением требований биомедицинской этики при добровольном информированном согласии обследуемых родившихся и проживающих в г. Анадыре лиц, являющихся студентами местных учебных заведений высшего и среднего специального образования. Характеристика обследованного контингента представлена в табл. 1.

Таблица 1
Характеристика обследованного контингента, $M \pm m$

Показатель	Организованный контингент	
	Аборигены (чукчи)	Уроженцы-европеоиды в 1–2-м поколении
Количество, n	12	12
Возраст, лет	$17,8 \pm 0,6$	$16,9 \pm 0,3$
Масса тела, кг	$67,9 \pm 2,7$	$68,6 \pm 2,5$
Длина тела, см	$179,3 \pm 1,7$	$178,4 \pm 2,4$

Содержание 25 химических элементов (Al, As, B, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, V, Zn) определяли в волосах методами атомной эмиссионной спектрометрии (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии (МС-ИСП) с индуктивно связанной аргоновой плазмой согласно МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03 на приборах Optima 2000 DV и ELAN 9000 (Perkin Elmer Corp., США) в ООО «Микронутриенты» (г. Москва) с анализом и

интерпретацией данных по «Методу доктора Скального®» (метод зарегистрирован в РАО, свидетельство № 2471 от 06 ноября 1997 г.) [13, 20].

Правомерность и эффективность использования волос для оценки элементного статуса организма в целом была доказана результатами нескольких международных координационных программ, выполненных под эгидой Международного агентства по атомной энергии [24].

Установлено, что волос является более подходящей для исследования баланса микроэлементов тканью, чем кровь или моча, поскольку является отображением их длительной экспозиции в организме [12, 19, 21, 23, 25].

Полученные абсолютные значения концентраций макро- и микроэлементов в волосах обследованных лиц сравнивали с референтными показателями [13, 14, 18]. Для оценки тяжести отклонения содержания в волосах того или иного химического элемента использовали 4-балльную шкалу, где за отклонение 1-й степени принимали значения ниже 25 и выше 75 центиля, 2-й степени – ниже 10 и выше 90, 3-й степени – ниже 5 и выше 95 и 4-й степени – ниже 3 и выше 97 [16].

Определение причин и физиологических механизмов формирующихся дисбалансов не входило в задачи настоящего исследования, в связи с этим характер питания обследованных контингентов не учитывался.

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием пакета IBM SPSS Statistics 21. Характер распределения массива значений концентраций химических элементов определяли методом Колмогорова – Смирнова. Различия между двумя независимыми выборками по количественным показателям, распределение которых отличалось от нормального, устанавливались с помощью критерия Манна – Уитни (U). Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось при $p < 0,05$. Параметры описательной статистики для количественных показателей приведены в виде медианы (Me) и интерквартильной широты (25-й; 75-й процентиля).

Для наглядности представления выявленного элементного дисбаланса в системе координат построены диаграммы, иллюстрирующие суммарную площадь дисбаланса химических элементов S (усл. ед.²) в исследуемой группе и рассчитанные путем сложения площадей треугольников, образованных при построении лепестковых диаграмм, длина сторон которых равна показателю частоты выявленного нарушения, принятая за условную единицу. При этом при построении диаграмм принимались в расчет только те химические элементы, чей дефицит средней и глубокой степени составлял более 10 % от числа обследованных хотя бы в одной из групп исследования.

Результаты

В табл. 2 представлены статистические показатели концентраций макро- и микроэлементов, от-

ражающие общий элементный профиль обследуемых контингентов.

Таблица 2

Содержания макро- и микроэлементов в волосах юношей г. Анадыря, мкг/г (Ме, 25; 75 процентиля)

Элемент	Обследованные группы лиц		Уровни значимости р между группами
	Аборигены (чукчи), n = 12	Европеоиды, n = 12	
Эссенциальные (жизненно необходимые) химические элементы			
Ca	327,000 (263,750; 424,000)	227,000 (200,750; 316,250)	0,049
Co	0,010 (0,006; 0,014)	0,014 (0,007; 0,031)	0,103
Cr	0,160 (0,121; 0,186)	0,145 (0,102; 0,152)	0,248
Cu	9,420 (8,083; 10,673)	10,385 (9,405; 12,328)	0,301
Fe	8,955 (7,058; 12,650)	10,735 (7,323; 21,008)	0,164
I	0,264 (0,155; 0,464)	0,186 (0,129; 0,211)	0,133
K	273,000 (140,000; 397,500)	120,000 (61,815; 157,000)	0,150
Mg	32,265 (21,790; 40,273)	20,250 (16,920; 30,818)	0,167
Mn	0,473 (0,377; 0,616)	0,573 (0,281; 1,117)	0,395
Na	277,000 (141,500; 345,750)	182,000 (103,240; 199,000)	0,204
P	253,000 (209,000; 268,000)	232,000 (208,750; 244,750)	0,568
Se	0,386 (0,272; 0,542)	0,371 (0,319; 0,393)	0,465
Zn	176,500 (149,250; 207,000)	181,000 (165,750; 208,000)	0,826
Токсичные, потенциально токсичные и условно-эссенциальные химические элементы			
Al	5,510 (3,623; 6,942)	6,620 (3,828; 11,110)	0,277
As	0,029 (0,020; 0,041)	0,022 (0,018; 0,031)	0,108
B	0,767 (0,281; 1,071)	0,288 (0,136; 0,374)	0,083
Be	0,0004 (0,0002; 0,0014)	0,0003 (0,0002; 0,0009)	0,438
Cd	0,014 (0,009; 0,076)	0,011 (0,008; 0,016)	0,183
Hg	0,179 (0,160; 0,361)	0,132 (0,095; 0,215)	0,250
Li	0,062 (0,035; 0,080)	0,030 (0,022; 0,418)	0,033
Ni	0,126 (0,083; 0,164)	0,170 (0,120; 0,243)	0,030
Pb	0,187 (0,131; 0,291)	0,122 (0,104; 0,218)	0,306
Si	85,000 (42,150; 110,000)	40,440 (33,557; 48,568)	0,017
Sn	0,090 (0,048; 0,132)	0,066 (0,042; 0,165)	0,579
V	0,007 (0,005; 0,010)	0,004 (0,003; 0,006)	0,054

Примечание. Жирным шрифтом выделены элементы, межгрупповые различия концентраций которых статистически значимы.

Из данных табл. 2 очевидно, что статистически значимые различия содержания в организме химических элементов с точки зрения этнического аспекта минимальны. Медианное значение концентрации Ca, Li и Si оказалось значимо выше (при $p < 0,05$), Ni – ниже в волосах аборигенов г. Анадыря. Тенденция к пониженному содержанию в волосах по сравнению с группой уроженцев европеоидов наблюдалась по Co, повышенному – по As, B, V, I.

Сравнение медиан концентраций в волосах обследованного контингента с референтными значениями концентраций химических элементов в волосах,

предлагаемыми А. В. Скальным в качестве физиологических нормативов [14], показало, что в обеих группах содержание Co, Cr, Fe, I, Se, Al, Cd, Pb ниже, а P и Si – выше физиологических нормативов. Данный факт, вероятно, следует рассматривать как экзогенный фактор природно-экологического влияния окружающей территории г. Анадыря вне зависимости от этнической принадлежности изучаемых групп.

Обсуждение результатов

Проведенный микроэлементный анализ волос испытуемых позволяет говорить о значимо более низком содержании эссенциального Ca в волосах европеоидов по сравнению с аналогичным значением в группе аборигенов и пониженной медиане концентрации в сравнении с референтными значениями [13, 14]. Подчеркнем пониженный уровень содержания в организме I, что может определять риск развития дисфункции щитовидной и паращитовидной желез, снижения иммунитета, в том числе и противоопухолевого, в группе представителей европеоидной популяции. Кроме того, дефицит Ca может провоцировать развитие гиперхолестеринемии и, как следствие, атеросклероза [15]. Характерно, что абсолютное значение условно эссенциального Si в волосах у аборигенов выше верхней границы референтных значений в 3 раза, у уроженцев европеоидов – в 1,5 раза, что позволяет отнести г. Анадырь к Si-избыточной биогеохимической провинции. Вместе с тем медиана концентрации Si значимо выше в волосах аборигенов, соответственно элементная система организма коренного населения подвержена большей степени аккумуляции этого элемента. Отметим, что у 75 % юношей аборигенной популяции выявлен избыток в волосах P и у 50 % – Si, в то время как избытка Si у европеоидов не зафиксировано, а избыток P встретился в волосах 58 % обследованных.

В условиях кремниевых биогеохимических провинций наблюдается нарушение фосфорно-кальциевого обмена, характеризующееся снижением реабсорбции P в почках. Эндемический избыток Si может приводить также к росту заболеваемости мочекаменной болезнью и хроническим нефритом [2].

Особо отметим пониженное медианное значение концентрации в волосах Se. При недостаточном поступлении Se в организм возможно нарушение функции щитовидной железы. Известно, какую исключительно важную роль играет Se в гормональном балансе щитовидной железы, что связано с участием Se-содержащего фермента – йодотиронинселендей-одиназы в биотрансформации T_4 (тетрайодтиронин) в T_3 (трийодтиронин) [22]. Поскольку в гипофизе есть рецепторы лишь к T_3 , при дефиците Se начинает страдать обратная связь, регулирующая продукцию гипофизарного тиреотропного гормона. Гиперпродукция последнего становится причиной разрастания ткани щитовидной железы. Таким образом, прослеживается тесная связь между метаболизмами Se и I – дефициты обоих микроэлементов, а не только I лежат в основе

патологии щитовидной железы и соответствующих нарушений обмена веществ [4].

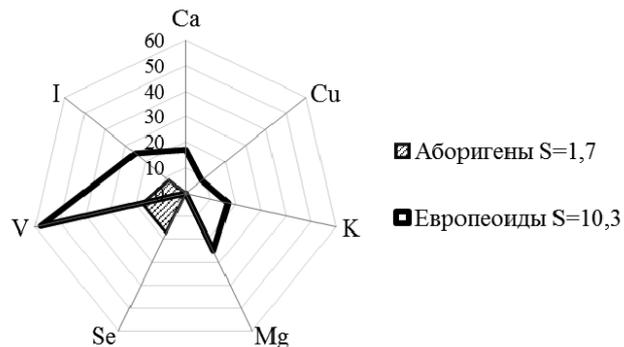
По данным Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга, в 2014 году Чукотский автономный округ относился к территории «риска» по заболеваемости, связанной с микронутриентной недостаточностью с впервые установленным диагнозом: по заболеваемости детей от 0–14 лет разными формами нетоксического зоба; по заболеваемости взрослого населения от 18 лет и старше – как формами нетоксического зоба, так и эндемическим зобом, связанным с йодной недостаточностью, субклиническим гипотиреозом, связанным с йодной недостаточностью, тиреоидитом, тиреотоксикозом (гипертиреозом). По заболеваемости населения субклиническим гипотиреозом и тиреоидитом, обусловленными йодной недостаточностью, в разрезе девяти субъектов Дальневосточного федерального округа Чукотский автономный округ занял первое ранговое место [10].

Аналогичная ситуация прослеживалась относительно содержания в волосах эссенциального микроэлемента Со, одного из важнейших микроэлементов, необходимых для нормального кроветворения. Известно, что Со входит в состав ферментов, обеспечивая метаболизм фолиевой кислоты, катехоламинов, стимулирует эритропоэз, активизирует деятельность центральной нервной системы, регулирует функцию вегетативной нервной системы, щитовидной железы, способствует увеличению мышечной массы. Дефицит Со проявляется гипохромной анемией, дегенеративными нарушениями в спинном мозге, появлением неврологических симптомов. Вместе с тем часто анемии вызываются не дефицитом Со и кобаламина, а снижением их усвоения [3]. В 2014 году Чукотский автономный округ относился к территории «риска» по заболеваемости населения анемиями, значение показателя которой в 1,5 раза и более превышало среднероссийский показатель [10].

Индивидуальные показатели концентраций большинства химических элементов в волосах обследованных лиц отличались высокой вариабельностью. Исходя из этого для визуализации средней и глубокой степени дисбаланса в элементном профиле обследованного контингента были построены лепестковые диаграммы с расчётом общих площадей фигур, отражающих суммарную величину отклонения в группе. С учетом факта, что избыточное содержание элемента свидетельствует, скорее всего, об усиленном выведении его из висцеральных тканей организма и накоплении в волосах [15], представлена лепестковая диаграмма дефицита концентраций химических элементов в волосах аборигенов и уроженцев европейцев (рисунок).

Рисунок достаточно информативно иллюстрирует тот факт, что суммарная частота дефицита химических элементов в организме европейцев значительно превышает аналогичный показатель в группе аборигенов

Таким образом, можно сделать следующие выводы. 1. В организме обследованных лиц выявленный



Диаграммы нарушений элементного баланса (дефицит) в организме юношей Чукотского автономного округа (г. Анадырь).

Примечание: S (усл. ед.²) – суммарная площадь дефицита химических элементов.

элементный дисбаланс имеет характерные черты так называемого «северного» типа, с выраженными дефицитными концентрациями основных эссенциальных химических элементов (2-й и выше степени отклонения). 2. Межгрупповое сравнение полученных данных в этническом аспекте выявило очевидную близость структурного профиля макро- и микроэлементов, характеризовавшегося минимальным количеством различий по значениям химических элементов. 3. Отличие полученных значений концентраций химических элементов в волосах от референтных показателей можно рассматривать как отражение особенностей генетически детерминированной системы поддержания баланса элементной системы организма у аборигенных народов севера на фоне более глубокой их системной адаптированности к экстремальным природно-климатическим и социально-экологическим условиям относительно европейцев, даже если они также являются уроженцами региона.

Работа выполнена в рамках государственного задания НИЦ «Арктика» ДВО РАН и при частичной финансовой поддержке за счет средств финансирования по программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации».

Авторство

Степанова Е. М. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, подготовила первый вариант статьи; Луговая Е. А. переработала первоначальный вариант статьи на предмет важного интеллектуального содержания; окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись. Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Степанова Евгения Михайловна – SPIN 4972-0152; ORCID 0000-0002-2223-1358

Луговая Елена Александровна – SPIN 5825-7122; ORCID 0000-0002-6583-4175

Список литературы

1. Авцын А. П., Жворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991. 496 с.

2. Агаджанян Н. А., Вельданова М. В., Скальный А. В. Экологический портрет человека и роль микроэлементов. М., 2001. 236 с.

3. Бахтина Г. Г., Ленько О. А., Суханова С. Е. Микроэлементозы человека и пути их коррекции // Патология кровообращения и кардиохирургия. 2007. № 4. С. 82–89.

4. Вельданова М. В., Скальный А. В. Йод — знакомый и незнакомый. М.: Изд-во КМК, 2001. 112 с.

5. Гольцова Т. В., Осипова Л. П. Генетико-демографическая структура популяций коренных народов Сибири в связи с проблемами микроэволюции // Вестник Вавиловского общества генетиков и селекционеров. 2006. № 10 (1). С. 126–154.

6. Горбачев А. Л., Скальный А. В. Содержание йода в волосах как показатель йодного статуса на индивидуальном и популяционном уровнях // Микроэлементы в медицине. 2015. № 16 (4). С. 41–44.

7. Долгих В. В., Астахова Т. А., Черкашина А. Г., Первушина О. А. Показатели состояния здоровья детей эвенков, проживающих на севере Иркутской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. № 12 (1(7)). С. 1668–1672.

8. Луговая Е. А., Степанова Е. М. Оценка нутриентной обеспеченности жителей Севера с учетом содержания макро- и микроэлементов в пищевых продуктах // Вопросы питания. 2015. № 84 (2). С. 44–52.

9. Никанов А. Н., Кривошеев Ю. К., Гудков А. Б. Влияние морской капусты и напитка «Альгапект» на минеральный состав крови у детей — жителей г. Мончегорска // Экология человека. 2004. № 2. С. 30–33.

10. Материалы государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 году» по Чукотскому автономному округу. Анадырь, 2016. 124 с.

11. Панин Л. Е. Гомеостаз и проблемы приполярной медицины: методологические аспекты адаптации // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2010. № 30 (3). С. 6–11.

12. Рылова Н. В., Троегубова Н. А., Гильмутдинов Р. Р., Филиппова О. В. Показатели длительной экспозиции магния, кальция и цинка у юных спортсменов // Материалы Международной научно-практической конференции «Физиологические и биохимические основы и педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам». Казань, 2012. Т. 1. С. 60–61.

13. Скальный А. В. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климатогеографических регионов: дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2000. 352 с.

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

15. Скальный А. В., Рудаков И. А. Биоэлементы в медицине. М.: ОНИКС 21 век, Мир. 2004. 271 с.

16. Скальная М. Г., Скальный А. В., Демидов В. А., Грабеклис А. Р., Лобанова Ю. Н. Установление границ физиологического (нормального) содержания некоторых химических элементов в волосах жителей г. Москвы с применением центильных шкал // Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И. И. Мечникова. 2004. № 4. С. 82–88.

17. Степанова Е. М. (Атласова Е. М.), Луговая Е. А. Характерные черты элементной системы жителей Северо-Востока России // Материалы Всероссийской молодежной

научно-практической конференции «Адаптация человека на Севере: медико-биологические аспекты». Архангельск, 2012. С. 301–304.

18. Bertram H. P. Spurenelemente. Analytik, oekotoxikologische und medizinisch-klinische Bedeutung. Muenchem, Wien, Baltimore: Urban and Schwarzenberg, 1992. 207 p.

19. Chojnacka K., Michalak I., Zielinska A. Interrelationship between elements in human hair: the effect of gender // Ecotoxicol. Environ. Saf. 2010. Vol. 73 (8). P. 2022–2028.

20. Coroli S., Senofonte O., Violante N. Assessment of reference values for elements in hair of urban normal subjects // Microchem. 1992. Vol. 46, N 2. P. 174–183.

21. Klevay L., Christopherson D. M., Shuler T. R. Hair as a biopsy material: trace element data on one man over two decades // Europ. J. Clin. Nutr. 2004. Vol. 58. P. 1359–1364.

22. Kohrle J., Jakob F., Contempre B., Dumont J. E. Selenium, the thyroid and the endocrine system // Endocrine Reviews. 2005. Vol. 26. P. 944–984.

23. Seidel S., Kreutzer R., Smith D., McNeel S., Gilliss D. Assessment of commercial laboratories performing hair mineral analysis // JAMA. 2001. Vol. 285 (1). P. 67–72.

24. The Significance of Hair Mineral Analysis as a Means for Assessing Internal Body Burdens of Environmental Pollutants: Report of an IAEA Coordinated Research Programme, NAHRES - 18. Vienna, 1993.

25. Wang Ch.-T., Liu P. A., Liu L. Y., Chang W.-T. Concentrations of calcium, copper, iron, magnesium and zinc in young female hair with difference body mass index // Journal of Trace Elements in Experimental Medicine. 2004. N 18. P. 210–211.

References

1. Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Rish M. A., Strohkova L. S. *Mikroelementozy cheloveka* [Trace elements in humans]. Moscow, 1991, 496 p.

2. Agadzhanyan N. A., Vel'danova M. V., Skal'nyi A. V. *Ekologicheskii portret cheloveka i rol' mikroelementov* [Ecological portrait of man and the role of microelements]. Moscow, 2001, 236 p.

3. Bakhtina G. G., Len'ko O. A., Sukhanova S. E. Human trace elements and ways of their correction. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya* [Circulation Pathology and Cardiac Surgery]. 2007, 4, pp. 82–89. [In Russian]

4. Veldanova M. V., Skal'nyi A. V. *Iod - znakovymi i neznakovymi* [Iodine - known and unknown]. Moscow, 2001, 112 p.

5. Gol'tsova T. V., Osipova L. P. Genetic-demographic structure of populations of Siberia's native people with the regard to microevolution matters // *Vestnik Vavilovskogo obshchestva genetikov i selektsionerov* [Bulletin of the Vavilov society of geneticists and breeders]. 2006, 10 (1), pp. 126–154. [In Russian]

6. Gorbachev A. L., Skal'nyi A. V. Hair iodine content as iodine status index on individual and population levels. *Mikroelementy v meditsine* [Trace Elements in Medicine]. 2015, 16 (4), pp. 41–44. [In Russian]

7. Dolgikh V. V., Astakhova T. A., Cherkashina A. G., Pervushina O. A. Health state values in kids of Evenki people residing in the north of Irkutsk region. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Izvestiya of Samara Scientific Center, Russian Academy of Sciences]. 2010, 12, 1(7), pp. 1668–1672. [In Russian]

8. Lugovaya E. A., Stepanova E. M. Assessment of nutrition supply in North residents accounting for macro- and trace

elements in food products. *Voprosy pitaniya* [Problems of Nutrition]. 2015, 84 (2), pp. 44-52. [In Russian]

9. Nikanov A. N., Krivosheev Yu. K., Gudkov A. B. Influence of laminaria and the drink "Algapekt" on blood mineral composition in children - residents of Monchergorsk. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2004, 2, pp. 30-33. [In Russian]

10. *Materialy gosudarstvennogo doklada «O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiiskoi Federatsii v 2015 godu» po Chukotskomu avtonomnomu okrugu* [About sanitary and epidemiological well-being of thaw Russian Federation People in 2015. Proceedings of the State Report on Chukotskiy Autonomous District] Anadyr, 2016, 124 p.

11. Panin L. E. Homeostasis and circumpolar medicine issues: methodological aspects of adaptation. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoi akademii meditsinskikh nauk* [Bulletin of Siberian department of Russian Academy of Sciences]. 2010, 30 (3), pp. 6-11. [In Russian]

12. Rylova N. V., Troegubova N. A., Gil'mutdinov R. R., Filippova O. V. Pokazatelyi dlitel'noi ekspozitsii magniya, kal'tsiya i tsinka u yunyhkh sportsmenov [The indices of long-term exposition of magnesium, calcium and zinc in young athletes]. In: *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Fiziologicheskie i biokhimicheskie osnovy i pedagogicheskie tekhnologii adaptatsii k raznym po velichine fizicheskim nagruzkam* [Proceedings of International scientific-practical conference "Physiological and biochemical grounds and pedagogical technologies for adaptation to different physical exercises"]. Kazan, 2012, pp. 60-61.

13. Skal'nyi A. V. *Ekologo-fiziologicheskoe obosnovanie effektivnosti ispol'zovaniya makro- i mikroelementov pri narusheniyakh gomeostaza u obsleduemyykh iz razlichnykh klimatogeograficheskikh regionov (doct. diss.)* [Ecological and physiological grounds for efficiency of applying macro- and trace elements at homeostasis disorders in subjects of different climatic and geographical regions. Doct. Diss.] Moscow, 2000. 352 p.

14. Skal'nyi A. V. Referential indices of elements content in hair samples received by method of AES-IBP (ANO Centre of Biotic medicine). *Mikroelementy v meditsine* [Trace Elements in Medicine], 2003, 4 (1), pp. 55-56. [In Russian]

15. Skal'nyi A. V., Rudakov I. A. *Bioelementy v meditsine* [Bioelements in medicine]. Moscow, 2004, 271 p.

16. Skal'naya M. G., Skal'nyi A. V., Demidov V. A., Grabeklis A. R., Lobanova Yu. N. Ascertaining the range of physiological (normal) contents in selected chemicals in

hair samples of residents of Moscow with the application of centile scales. *Vestnik Sankt-Peterburgskoi gosudarstvennoi meditsinskoi akademii im. I. I. Mechnikova* [Herald of North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov]. 2004, 4, pp. 82-88. [In Russian]

17. Stepanova E. M. (Atlasova E. M.), Lugovaya E. A. Kharakternye cherty elementnoi sistemy zhitelei Severo-Vostoka Rossii [Element system characteristics in Northeast Russia's residents]. In: *Materialy Vserossiiskoi molodezhnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Adaptatsiya cheloveka na Severe: mediko-biologicheskie aspekty* [Proceedings of all-Russian youth scientific-practical conference "Adaptation of man in the North: biomedical aspect"]. Arkhangelsk, 2012, pp. 301-304.

18. Bertram H. P. *Spurenelemente. Analytik, oekotoxikologische und medizinisch-klinische Bedeutung*. Muenchem, Wien, Baltimore, 1992. 207 p.

19. Chojnacka K., Michalak I., Zielinska A. Interrelationship between elements in human hair: the effect of gender. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2010, 73 (8), pp. 2022-2028.

20. Coroli S., Senofonte O., Violante N. Assessment of reference values for elements in hair of urban normal subjects. *Microchem.* 1992, 46 (2), pp. 174-183.

21. Klevay L., Christopherson D. M., Shuler T. R. Hair as a biopsy material: trace element data on one man over two decades. *Europ. J. Clin. Nutr.* 2004, 58, pp. 1359-1364.

22. Kohrle J., Jakob F., Contempre B., Dumont J. E. Selenium, the thyroid and the endocrine system. *Endocrine Reviews.* 2005, 26, pp. 944-984.

23. Seidel S. Kreuzer R., Smith D., McNeel S., Gilliss D. Assessment of commercial laboratories performing hair mineral analysis. *JAMA.* 2001, 285 (1), pp. 67-72.

24. The Significance of Hair Mineral Analysis as a Means for Assessing Internal Body Burdens of Environmental Pollutants: Report of an IAEA Coordinated Research Programme, NAHRES-18. Vienna, 1993.

25. Wang Ch.-T., Liu P. A., Liu L. Y., Chang W.-T. Concentrations of calcium, copper, iron, magnesium and zinc in young female hair with difference body mass index. *Journal of Trace Elements in Experimental Medicine.* 2004, 18, pp. 210-211.

Контактная информация:

Степанова Евгения Михайловна — младший научный сотрудник лаборатории физиологии экстремальных состояний НИЦ «Арктика» ДВО РАН

Адрес: 685000, г. Магадан, пр. Карла Маркса, д. 24

E-mail: at-evgenia@mail.ru