

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС ВЗРОСЛОГО МУЖСКОГО НАСЕЛЕНИЯ
САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)****С.А. Савко, А.П. Гончаров, А.А. Лобанов,
С.В. Андронов*, А.Р. Грабеклис**Первый Московский государственный медицинский университет
имени И.М. Сеченова (Сеченовский университет),
Российская Федерация, 119991, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

РЕЗЮМЕ. Изучение элементного статуса населения Сахалинской области и Республики Саха (Якутия) Российской Федерации, необходимое ввиду достаточной контрастности данных регионов Дальнего Востока по геохимическим, климатическим, социально-экономическим характеристикам и ассортименту местных продуктов питания, направлено на разработку мероприятий по адаптации жителей Севера к гипокомфортным условиям проживания.

Цель исследования – изучение элементного статуса мужского населения Сахалинской области и Республики Саха (Якутия) для повышения адаптационного потенциала и снижения смертности мужчин трудоспособного возраста.

Материалы и методы. Изучено содержание химических элементов в волосах мужчин в возрасте 18–50 лет, проживающих в Республике Саха (Якутия) (200 человек) и Сахалинской области (75 человек). Анализ выполнен методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) на базе аккредитованной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва; ISO 9001:2008 сертификат 54Q10077 от 21.05.2010 г.).

Результаты. Для жителей Сахалинской области характерно высокое содержание в волосах олова, бора, кобальта в сочетании с относительно низким уровнем цинка и железа. Повышение содержания в волосах бора, кобальта может быть обусловлено значительным количеством бора в водорослях, кобальта – в морепродуктах. Относительно низкое содержание в волосах жителей Сахалина свинца, ртути, меди и кадмия, вероятно, объясняется более высоким уровнем жизни и медицинского обслуживания, качеством питания, потреблением альгинатов (водоросли), меньшим загрязнением окружающей среды. Для взрослых жителей Республики Саха (Якутия) характерно повышенное содержание в волосах поллютантов свинца, кадмия, алюминия, хрома, а также макроэлементов натрия и калия в сочетании с дефицитом селена.

Выводы. Многоэлементный анализ волос мужского населения Республики Саха (Якутия) и Сахалинской области указывает на наличие дисбаланса среди взрослого населения, что требует коррекции и учета при скрининговых обследованиях населения и разработке программ по улучшению питания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Сахалин, Якутия, волосы, селен, ртуть, алюминий, свинец, кадмий, цинк, масс-спектрометрия.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что низкая продолжительность жизни трудоспособного мужского населения является одной из главных демографических проблем северных регионов России (Попова, 2010). Повышенная смертность мужчин может быть обусловлена как экологическими, так и физиологическими факторами, такими как дезадаптация, особенностями питания. Суровые климатические условия проживания требуют напряжения адаптационных систем человека, обеспечивающих температурный гомеостаз, что предпо-

лагает усиление окислительного метаболизма и функционально сопряженную с ним активацию антиоксидантных систем (Авцын и др., 1985; Авцын и др., 1991; Никанов и др., 2020; Корчин и др., 2021). Данные задачи решаются за счет ферментов, гормонов и витаминов, функциональная активность которых во многом определяется содержанием биоэлементов: цинка, марганца, магния, йода, селена, кобальта.

Так, дефицит йода может приводить к снижению синтеза тиреоидных гормонов, играющих важнейшую роль в регуляции термогенеза

* Адрес для переписки:

Андронов Сергей Васильевич

E-mail: sergius198010@mail.ru

(Горбачев и др., 2015). Недостаток цинка и магния снижает эффективность работы цитохромной цепи, следовательно, к дефициту энергии в клетке, необходимой в том числе для поддержания повышенного уровня термогенеза (Оберлис, Харланд и др., 2008). Недостаток как цинка, так и селена уменьшает активность работы антиоксидантной системы, испытывающей повышенную нагрузку при усилении клеточного метаболизма, что приводит к перекисному повреждению различных структур клетки, нарушению пластических процессов, повреждениям генетического аппарата, снижению трансмембранного транспорта ионов и мембранного потенциала клетки (Максимчук и др., 2019). Нарушения обмена макро- и микроэлементов приводят к снижению адаптационных резервов, увеличению вязкости крови, микросладжированию, тканевой гипоксии и, как следствие, повышению риска развития гипертонической болезни и ее осложнений, снижению иммунитета и развитию инфекционных заболеваний, в том числе туберкулеза, повышению риска развития онкологических заболеваний, депрессий, когнитивных нарушений (Иванов и др., 1997; Агаджанян, Скальный, 2001; Федосеев и др., 2003; Леханова, 2013; Агаджанян и др., 2013; Горбачев, 2018).

По данным А.В. Скального (2018), А.Л. Жестяникова (2005), Т.Я. Корчиной (2021) и других исследователей северные регионы России отличаются высоким риском заболеваний, связанных с дефицитом жизненно важных макро- и микроэлементов (магний, калий, селен, йод, медь и др.) и избыточным накоплением тяжелых металлов (ртуть, свинец, олово, кадмий) (Элементный статус, 2014). Якутия расположена в северо-западной части Дальнего Востока. Горы и плоскогорья составляют $\frac{2}{3}$ от ее площади. Наиболее заселенные территории находятся далеко от побережья моря, в глубине континента Евразии. Климат резко континентальный с очень холодной зимой и относительно жарким летом, малой облачностью, большим количеством штилей в зимний период, который занимает время с октября по апрель включительно. Минимальная температура наблюдается в зимний период в восточных горных системах. Холодной воздух застаивается в котловинах, впадинах и других понижениях, где температура воздуха нередко может достигать $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Кобышева, 2001). Суммарная продолжительность периода с

отрицательной температурой воздуха может составлять от 6,5 до 9 месяцев в год. Дельта температур января и июля составляет $70\text{--}75\text{ }^{\circ}\text{C}$ (http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/v2014/htm). Из местных продуктов в питании жителей присутствует конина, говядина, коровье молоко, сливочное масло, кумыс, рыба семейства сиговых, щука, в северных районах – мясо домашнего и дикого оленя, дикий гусь.

По данным Н.В. Борисовой (2007) у взрослого населения северных районов Якутии выявлено увеличение концентрации в волосах эссенциальных элементов К, Na, Fe (у всех взрослых) Cr, V (только у мужчин), а также повышенное содержание токсичных элементов Pb, Cd, Hg. Имеются данные о низком содержании в волосах Ca, Zn, I, Si, Co (у всех обследованных). У жителей южных районов Якутии выявлено сниженное содержание в волосах K, Ca, Mg, Zn, I, Li, Co (у всех обследованных), Fe, Si (у мужчин) (Борисова, 2007). Следовательно, для населения Якутии характерно сниженное количество элементов, уменьшающих риск развития артериальной гипертензии, сердечно-сосудистых осложнений и онкологических заболеваний. У населения северных районов Якутии обращает на себя внимание накопление в волосах тяжелых металлов. Данное явление, вероятно, связано с меньшей толщиной сезонно-талого слоя вечной мерзлоты. При сезонном замерзании талого слоя образуются высолы, содержащие повышенное количество тяжелых металлов, которые могут депонироваться в торфянистых и глеевых почвах и далее мигрировать в пастбищные растения и поверхностные воды, используемые для питья.

Наиболее благоприятным является «элементный портрет» жителей Якутска (Борисова, 2007), что, скорее всего, связано с употреблением большего количества продуктов, привезенных из других регионов, более высоким уровнем жизни и медицинского обслуживания.

Сахалин – крупнейший остров, принадлежащий России, расположенный у восточного побережья Азии. Сахалин омывается Охотским и Японским морями, от материковой Азии отделён Татарским проливом (7,3 км); от о. Хоккайдо (Япония) – проливом Лаперуза. Рельеф острова составлен средневысотными горами, низкотерьями и низменными равнинами. Климат – умеренно-муссонный (средняя температура января – от $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на юге до $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ на севере, августа – от $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+11\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно), мор-

ской с продолжительной холодной снежной зимой и средним тёплым летом (Кобышева, 2001).

Питание жителей Сахалина связано как с производством собственных продуктов животноводства (коровье молоко, сливочное масло, свинина, говядина) и растениеводства (картофель, томаты, огурцы, салат), так и потреблением морепродуктов. Сахалин является островом, омываемым морями, в которых ведется активный промысел морской рыбы, краба, моллюсков, кукумарии, трепанга, морского ежа. Ведётся промысел лосося и добыча икры в нерестовых реках острова. Часть данной продукции потребляется жителями острова.

Таким образом, Якутия и Сахалинская область являются достаточно контрастными регионами Дальнего Востока по геохимическим, экологическим, географическим, климатическим характеристикам и ассортименту местных продуктов питания, что дает перспективный для понимания адаптационных процессов материал.

Ц е л ь и с с л е д о в а н и я – изучение элементного статуса мужского населения Сахалинской области и Республики Саха (Якутия) для повышения адаптационного потенциала и снижения смертности мужчин трудоспособного возраста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящем исследовании представлены результаты определения содержания ряда химических элементов (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, V, Zn) в волосах 275 практически здоровых пациентов (мужчины) в возрасте 18–50 лет, в основном приехавших, но проживающих в регионе не менее 5 лет, со средним уровнем доходов, постоянно проживающих в Республике Саха (Якутия) (200 человек) и Сахалинской области (75 человек). Все добровольцы дали информированное согласие на участие в обследовании.

Анализ выполнялся методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) на базе аккредитованной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва; ISO 9001:2008 сертификат 54Q10077 от 21.05.2010 г.) (Rao, et al., 2002; Иванов и др., 2003; Скальный, 2003; Rodushkin, Axelsson, 2003; Тармаева и др., 2019). Содержани химических элементов определяли с использованием ИСП-МС-спектрометра ELAN 9000 (PerkinElmer-SCIEX, Канада). Для градуировки применяли моноэле-

ментные стандартные растворы (PerkinElmer, США) ((Nardi et al., 2009; Griboff et al., 2017). Качество определения контролировали посредством референтного образца GBW09101 (Шанхайский институт ядерных исследований, КНР). При отборе образцов волосы состригали с затылочной части головы в бумажные конверты и хранили при комнатной температуре в сухом месте. Образцы волос обезжиривали с помощью ацетона квалификации «о.с.ч.» (Химмед, Россия) в течение 10–15 мин, трижды промывали деионизированной водой и высушивали при 60 °С. Для получения деионизированной воды (18 МОм·см) использовали электрической дистиллятор с комбинированной мембранной установкой ДВС-М/1НА–1(2)-L (Медиана-Фильтр, Россия). После этого образцы волос выдерживали при температуре 60 °С до воздушно-сухого состояния. Навеску волоса массой 50 мг разлагали с 5 мл концентрированной азотной кислоты (квалификация «о.с.ч.»; Химмед, Россия) в системе микроволнового разложения марки Multiwave 3000 (PerkinElmer–A. Paag, Австрия). При этом сначала в течение 5 мин повышали температуру до 200 °С, затем 5 мин образцы выдерживали при 200 °С и после охлаждали до 45 °С. Полученные растворы количественно переносили в 15 мл полипропиленовые пробирки, доводились до объема 15 мл деионизированной водой и тщательно перемешивали (Серегина, 2010; Тармаева и др., 2019).

В рамках данного исследования выполняли ранжирование обследуемых по содержанию химических элементов в волосах. Для удобства представления особенностей элементного статуса региона была использована следующая формула (Афтанас и др., 2014; Агаджанян и др., 2016):

$$\text{ЭП} = \frac{\text{ГиперЭ}}{\text{ГипоЭ}} = \frac{\text{Т и ПТЭ/УЭЭ/ЭЭ}}{\text{ЭЭ/УЭЭ}},$$

где ЭП – «элементный портрет»; ГиперЭ – гиперэлементозы; ГипоЭ – гипозэлементозы; Т и ПТЭ – токсичные и потенциально токсичные элементы; УЭЭ – условно эссенциальные элементы; ЭЭ – эссенциальные элементы.

В числителе приводятся последовательно химические элементы по встречаемости избыточного содержания элемента в волосах: токсичные (Al, As, Cd, Pb) и потенциально токсичные (Sn). Через дробь указываются условно эссенциальные (B, Li, Si, V, Ni) и эссенциальные элементы (макроэлементы Ca, Mg, K, Na, P и

микроэлементы Fe, I, Zn, Cu, Co, Cr, Mo, Se, Mn). В знаменателе через дробь приводятся эссенциальные и условно эссенциальные химические элементы по встречаемости недостаточного содержания в волосах (Афтанас и др., 2014; Агаджанян и др., 2016).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программных продуктов Microsoft Excel XP (Microsoft Corp., США) и Statistica 8.0 (StatSoft, США). Характер распределения данных оценивали посредством применения критерия Шапиро–Уилка. В связи с отсутствием нормального распределения, данные представлены в виде медианы (Me) и соответствующих границ межквартильного интервала (Q25–Q75). Достовер-

ность групповых различий оценивали с применением непараметрического U-критерия Манна–Уитни. Результаты проведенных тестов являлись достоверными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Данные проведенных обследований приведены в таблице. Мужчины – жители Республики Саха (Якутия) – отличаются по составу волос, который характеризуется относительно высокими, по сравнению с жителями Сахалинской области, показателями содержания свинца, кадмия и алюминия, присутствует также избыточное накопление хрома, натрия и калия. Наиболее значимым для здоровья мужского населения Якутии оказался риск дефицита селена.

Таблица 1. Сравнение содержания химических элементов в волосах мужчин 18–50 лет, жителей Республики Саха (Якутия) и Сахалинской области (мг/кг)

Элемент	Якутия	Сахалин	Якутия	Сахалин	Якутия	Сахалин	p
	Me		Q25		Q75		
Ca	615,0	589,0	334,0	359,0	1275,0	1095,0	>0,05
Mg	66,5	66,0	37,6	36,0	140,0	113,0	>0,05
K	162,0	66,5	50,0	27,0	498,0	168,0	<0,001
Na	303,0	178,0	124,0	93,0	775,0	447,0	<0,01
P	158,0	149,0	141,0	135,0	180,0	167,0	>0,05
Fe	18,1	14,1	11,6	9,6	29,0	21,0	>0,05
Zn	171,0	177,0	145,0	154,0	203,0	217,0	<0,05
Cu	11,1	12,0	9,5	10,0	13,1	14,9	>0,05
Mn	1,1	1,0	0,53	0,4	2,6	2,3	>0,05
Se	0,4	0,44	0,2	0,27	0,5	0,65	>0,05
I	0,4	0,74	0,15	0,24	1,2	1,6	>0,05
Cr	0,54	0,44	0,28	0,28	0,7	0,5	>0,05
Co	0,015	0,35	0,009	0,23	0,03	0,03	0,001
V	0,05	0,05	0,03	0,035	0,1	0,08	>0,05
Si	25,0	35,2	14,5	19,2	48,0	71,0	>0,05
Ni	0,36	0,28	0,2	0,17	0,67	0,54	>0,05
Li	0,03	0,017	0,006	0,006	0,045	0,028	>0,05
B	0,91	1,1	0,46	0,6	1,5	1,7	>0,05
As	0,05	0,045	0,03	0,03	0,09	0,08	>0,05
Sn	0,12	0,15	0,06	0,08	0,3	0,3	>0,05
Al	6,6	5,4	3,73	3,4	11,5	8,7	>0,05
Cd	0,04	0,02	0,02	0,01	0,11	0,04	<0,001
Pb	1,0	0,5	0,4	0,2	2,6	1,1	<0,001
Hg	0,6	0,85	0,35	0,5	1,1	1,4	>0,05

У мужчин – жителей Сахалинской области – элементный статус характеризуется высокими показателями содержания в волосах олова, бора, также избыточным накоплением кобальта. Наиболее значим для здоровья населения Сахалина риск дефицитов Fe и Zn, йода (таблица).

Сравнение содержания химических элементов в волосах мужчин 18–50 лет, жителей Республики Саха (Якутия) и Сахалинской области, выявило достоверные различия, которые заключались в том, что значения калия ($U=1785,0$; $p<0,001$), натрия ($U=1980,0$; $p<0,01$), кадмия ($U=17705,0$; $p<0,001$), свинца ($U=16805,0$; $p<0,001$) выше у жителей Республики Саха (Якутия), а значения цинка ($U=6970,0$; $p<0,05$) и кобальта ($U=4978,0$; $p=0,001$) выше у жителей Сахалинской области (таблица).

ОБСУЖДЕНИЕ

Элементный статус жителей двух субъектов Дальневосточного федерального округа (Якутия и Сахалинская область) кардинально различается, что, вероятно, связано с геохимическими особенностями территорий этих субъектов, климатом, различием в питании и уровне жизни. Подтвержден факт описанного ранее низкого содержания меди в волосах, что, скорее всего, обусловлено низким уровнем меди в окружающей среде и пищевых продуктах, потребляемых населением. Относительно низкое содержание в волосах жителей Сахалина свинца, ртути и кадмия, возможно, отражает более низкий уровень нагрузки токсикантами по сравнению с жителями Республики Саха (Якутия).

В Якутии добывается широкий спектр полезных ископаемых. При добыче, транспортировке, отгрузке и первичной переработке, в окружающую среду и далее в организм человека могут попадать токсичные элементы. Скорее всего, этим объясняется высокое содержание тяжелых металлов у жителей Якутии. Кроме того, на всей территории Якутии сезонно-талый слой весьма тонок. Фильтрация грунтовых вод через водоупорный слой мерзлоты или скальных пород практически не происходит. В результате минерализация поверхностных вод невелика и приближается к талой, снеговой воде. Поверхностные воды Якутии, не проходя через толщу осадочных пород, не обогащаются кальцием и магнием. Так как магний и кальций конкурирует с тяжелыми металлами за поступление в организм, снижение концентрации данных элементов

способствует повышению содержания в волосах жителей Якутии свинца и кадмия.

Значительным источником загрязнения могут быть рудничные воды, попадающие в поверхностные водоисточники, углерод и продукты горения, образующиеся при сжигании попутного газа на месторождениях углеводородов, пылевые аэрозоли, образующиеся при добыче угля, алмазов и других полезных ископаемых открытым методом. Источником пыли могут служить так же порты, где происходит отгрузка сыпучих полезных ископаемых. Кроме того, на территориях с вечной мерзлотой существуют природные фоновые очаги с повышенным содержанием ртути, свинца, кадмия, мышьяка, связанные с высолами из вечной мерзлоты и депонированием тяжелых металлов в верхнем слое торфянистой почвы. Удельный вес запасов Республики Саха (Якутия) в минерально-сырьевом потенциале России составляет: алмазов 82%, золота 17%, урана 61%, сурьмы 82%, железных руд 5%, угля 5%, олова 28%, ртути 8%. Имеются значительные запасы редкоземельных элементов, серебра, свинца, цинка, вольфрама (Орлов, 2005), а также полезные ископаемые: алмазы, золото, слюдафлогопит, каменный и бурый уголь, железные руды, природный газ и нефть, олово, вольфрам, полиметаллические руды, пьезокварц, сурьма, ртуть, апатиты. Наиболее известные месторождения: алмазов – трубки «Удачная», «Мир», «Айхал», «Юбилейная», «Нюрбинская», «Эбелях»; золота – Алданский, Джугджурский и Индигирский районы; олова – Депутатское, Тенкели, Илин-Тас, Алыс-Хая, Бургочанское; сурьмы – Сентачанское, Сырлахское; медно-вольфрамовое – Агылкинское; свинцово-цинковое – Сарадана; природного газа – Средне-Вилуйское, Средне-Ботуобинское, Мастахское; слюды-флоготипа – Тимптонское, Эльконское, Эмельджакское; угля – Чуль-Маканское, Нерюнгринское, Муастахское; железных руд – Пионерское, Сиваглинское, Таежное; апатитов – Селигдарское (Орлов, 2005).

Менее высокое содержание тяжелых металлов в волосах жителей Сахалина, вероятно, объясняется высоким потреблением морских водорослей, являющимися прекрасными сорбентами тяжелых металлов (Патин и др.1981). Кроме того, потребление морепродуктов богатых магнием и кобальтом, препятствует накоплению свинца и кадмия, являющихся конкурентом данных элементов за включение в ферментативные процес-

сы (Briffa, 2020). Достаточно высокое потребление морепродуктов, скорее всего, обуславливает большую концентрацию кобальта и бора в волосах жителей Сахалина (Патин, и др., 1981).

ВЫВОДЫ

1. Для взрослых мужчин, проживающих в Республике Саха (Якутия), характерно относительно повышенное содержание в волосах свинца, кадмия, алюминия, хрома, натрия и калия в сочетании с дефицитом селена. Следовательно, приоритетными загрязнителями являются свинец, кадмий, алюминий, хром, которые оказывают свое неблагоприятное влияние на фоне дефицита селена – антагониста тяжелых металлов.

2. Для взрослых жителей Сахалинской области характерно увеличение в волосах уровня олова, бора, кобальта в сочетании с низким показателем железа.

3. С целью корректировки адаптационного потенциала и увеличения продолжительности жизни мужчин трудоспособного возраста в Республике Саха (Якутия) необходим комплекс мероприятий по снижению нагрузки тяжелыми металлами и восполнение дефицита селена – одного из важнейших для снижения смертности микроэлемента.

4. Исходя из анализов элементного статуса, жители Якутии более подвержены неблагоприятным экологическим факторам, чем жители Сахалинской области.

5. Для снижения смертности и увеличения продолжительности жизни мужского населения Сахалинской области приоритетными мероприятиями являются увеличение поступления цинка и железа с пищевыми продуктами, устранение причин их дефицита.

ЛИТЕРАТУРА

- Авцын А.П. и др. Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991. 495 с.
- Авцын А.П. и др. Патология человека на Севере. М.: Медицина, 1985. 415 с.
- Агаджанян Н.А., Скальный А.В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека, 2-е изд. М.: КМК, 2001. 83 с.
- Агаджанян Н.А., Скальный А.В., Березкина Е.С. и др. Референтные значения содержания химических элементов в волосах взрослых жителей Республики Татарстан. Экология человека. 2016; 4: 38–44. DOI 10.33396/1728-0869-2016-4-38-44.
- Агаджанян Н.А., Скальный А.В., Детков В.Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации. Экология человека. 2013; 11: 3–12.
- Афтанас Л.И., Березкина Е.С., Бонитенко Е.Ю. и др. Элементный статус населения России. Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью «Медкнига» «ЭЛБИ». 2014. 554 с.
- Борисова Н.В., Егорова Г.А., Петрова П.Г., Антипина У.Д. Состояние здоровья и элементный статус детей алмазодобывающего региона Республики Саха (Якутия). Дальневосточный медицинский журнал. 2007; 1: 62–66.
- Борисова Н.В., Петрова П.Г., Маркова С.В. Функциональные резервы здоровья и элементный статус населения Республики Саха (Якутия). Вестник Якутского государственного университета имени М.К. Аммосова. 2007; 4(3): 25–33.
- Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [Официальный сайт]. URL: http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/v2014/hm/ (дата обращения: 12.05.2014)
- Горбачев А.Л. Некоторые проблемы биогеохимии северных территорий России. Микроэлементы в медицине. 2018; 19(4): 3–9. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-4-3-9.
- 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): 41–44. DOI 10.19112/2413-6174-2015-16-4-41-44
- Громова О.А. Физиологическая роль и значение магния в терапии. Терапевтический архив. 2004; 76(10): 58–62.
- Жестяников А.Л. Дисбаланс некоторых макро и микроэлементов как фактор риска заболеваний сердечно-сосудистой системы на Севере. Экология человека. 2005; 9: 19–25.
- Иванов В.Н., Никитина Л.П., Анакина Л.В. и др. Биоселен – эффективное средство в лечении сердечно-сосудистых заболеваний. Морской медицинский журнал. 1997; 4(1): 39–43.
- Иванов С.И., Подунова Л.Г., Скачков В.Б., Тутельян В.А., Скальный А.В., Демидов В.А., Скальная М.Г., Серебрянский Е.П., Грабеклис А.Р., Кузнецов В.В. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией: Методические указания (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03). М.: Федеральный Центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 2003. 56 с.
- Кобышева Н.В. (ред.). Климат России. СПб.: Гидрометеиздат, 2001.

Корчин В.И., Корчина Т.Я., Терникова Е.М. и др. Влияние климатогеографических факторов Ямало-Ненецкого автономного округа на здоровье населения. Журнал медико-биологических исследований. 2021; 9(1): 77–88. DOI 10.37482/2687-1491-Z046

Корчина Т.Я. Донозологическая диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы у населения Северного региона. Экология человека. 2013; 5: 8–13.

Кудабаева Х.И., Базаргалиев Е.Ш., Кошмаганбетова Г.К. О проблеме йоддефицитных состояний в Республике Казахстан. Х.И. Кудабаева. Медицинский журнал Западного Казахстана. 2013; 3(39): 18–23.

Леханова Е.Н. Цинк и состояние здоровья жителей биогеохимической провинции Крайнего Севера. Якутский медицинский журнал. 2009; 3: 97–100.

Максимчук Т.П., Скальный А.В., Радыш И.В. и др. Бионеорганическая химия с основами медицинской элементологии: учебник. Электронные текстовые данные. М.: Изд-во РУДН, 2019. 628 с.

Никанов А.Н., Дорофеев В.М., Мегорский В.В., Жиров В.К. Экологические аспекты накопления минеральных элементов в организме населения, проживающего в районах интенсивной промышленной деятельности в европейской части Арктической зоны России: монография. Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2020. 87 с.

Оберлис Д., Харланд Б.Ф., Скальный А.В. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных Техасский технологический ун-т г. Лаббок, США, Ун-т Говарда, г. Вашингтон, США, Федеральное гос. учреждение науки «Ин-т токсикологии» Федерального медико-биологического агентства России, Ин-т биоэлементологии гос. образовательного учреждения «Оренбургский гос. ун-т». Санкт-Петербург: Наука, 2008.

Орлов В.П. Минерально-сырьевые ресурсы в региональной экономике. Минеральные ресурсы. Экономика и управление. 2005; 6: 34–38.

Патин С.А., Морозов Н.П. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. М.: Лег. пищ. пром-сть, 1981. 153 с.

Попова Л.А. Особенности демографического развития северных территорий России. Россия и современный мир. 2010; (4): 178–190.

Серегина И.Ф. Определение химических элементов в биологических жидкостях и диагностических субстратах детей методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Журнал аналитической химии. 2010; 65(9): 986–994.

Скальный А.В. Оценка и коррекция элементного статуса населения - перспективное направление отечественного здравоохранения и экологического мониторинга. Микроэлементы в медицине. 2018; 19(1): 5–13. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-1-5-13.

Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученных методом ИСП-АЭС. Микроэлементы в медицине. 2003; 4(1): 55–56.

Скальный А.В., Киселев М.Ф. (ред.). Элементный статус населения России. В 5 томах. Спб.: Медкнига «ЭЛБИ-Спб», 2010–2014.

Тармаева И.Ю., Лемешевская Е.П., Погорелова И.Г. и др. Элементный статус детей Байкальского региона. Микроэлементы в медицине. 2019; 20(4): 41–50. DOI 10.19112/2413-6174-2019-20-4-41-50.

Федосеенко М.В., Ширяев Р.Р., Рюмин Д.В. и др. Биологическая роль магния, кальция и цинка в регуляции функций и развитии заболеваний пищеварительной системы. Вестник последипломного медицинского образования. 2003; 2: 58–62.

Briffa J., Sinagra E., Blundell R. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. Heliyon. 2020; 6(9): 1–26. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04691

Griboff J., Wunderlin D.A., Monferran M.V. Metals, As and Se determination by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) in edible fish collected from three eutrophic reservoirs. Their consumption represents a risk for human health? Microchem J. 2017; 130: 236–244.

Kandhro G.A., Kazi T.G., Sirajuddin, Kolachi N.F., Kazi N., Afridi H.I., Baig J.A., Shah A.Q., Wadhwa S.K., Khan S., Arain M.B. Effects of selenium supplementation on iodine and thyroid hormone status in a selected population with goitre in Pakistan. Clin Lab. 2011; 57(7-8): 575–85.

Kishosha P.A., Galukande M., Gakwaya A.M. Selenium deficiency a factor in endemic goiter persistence in sub-Saharan Africa. World J Surg. 2011; 35(7): 1540–1545.

Nardi E.P., Evangelista F.S., Tormen L., Saint T.D., Curtius A.J., de Sousa S.S. et al. The use of inductively-coupled mass spectrometry (ICP-MS) for the determination of toxic and essential elements in different types of food samples. Food Chem. 2009; 3: 727–732.

Rao K.S., Balaji T., Rao T.P., Babu Y, Naidy G.R.K. Determination of iron, cobalt, nickel, manganese, zinc, copper, cadmium and lead in human hair by inductively-coupled plasma atomic emission spectrometry. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. 2002; 8: 1333–1338.

Rodushkin I., Axelsson M.D. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Sci Total Environ. 2003; 1–3: 23–39.

Savchenko O.V., Toupelev P.A. Lead, cadmium, manganese, cobalt, zinc and copper levels in whole blood of urban teenagers with non-toxic diffuse goiter. Int J Environ Health Res. 2012; 22(1): 51–59. DOI: 10.1080/09603123.2011.588324.

THE ELEMENTAL STATUS OF THE ADULT MALE POPULATION OF THE SAKHALIN REGION AND THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

S.A. Savko, A.P. Goncharov, A.A. Lobanov, S.V. Andronov, A.R. Grabeklis

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University),
Trubetskaya str. 8/2, Moscow, 119991, Russian Federation

ABSTRACT. The study of the elemental status of the population of the Sakhalin Oblast and the Republic of Sakha (Yakutia) of the Russian Federation is necessary, due to the sufficient contrast of these regions of the Far East in geochemical, climatic, socio-economic characteristics and the assortment of local food products, aimed at developing measures to adapt residents of the North to hypocomfort living conditions.

The aim is to study the elemental status of the male population of the Sakhalin region and the Republic of Sakha (Yakutia) to increase the adaptive potential and reduce the mortality of men of working age.

Materials and methods. The content of chemical elements in the hair of men aged 18-50 years, respectively, living in the Sakha Republic was studied (Yakutia) (200 people) and the Sakhalin region (75 people). The analysis was performed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) on the basis of the accredited laboratory of the ANO "Center for Biotic Medicine" (Moscow; ISO 9001:2008 certificate 54Q10077 dated 21.05.2010).

Results. Residents of the Sakhalin region are characterized by an increase in the content of tin, boron, cobalt in their hair in combination with relatively low levels of zinc and iron. The increase in the content of boron and cobalt in hair may be due to the fact that there is a lot of boron in algae, cobalt – in seafood. The relatively low content of lead, mercury, copper and cadmium in the hair of Sakhalin residents is probably due to a higher standard of living and medical care, quality of nutrition, consumption of alginates (algae), less environmental pollution. Adult residents of the Republic of Sakha (Yakutia) are characterized by an increased content of lead, cadmium, aluminum, chromium pollutants in their hair, as well as macronutrients sodium and potassium in combination with Se deficiency.

Conclusions. A multi-element analysis of the hair of the male population of the Republic of Sakha (Yakutia) and the Sakhalin region indicates the presence of an imbalance among the adult population, which requires correction and consideration during screening surveys of the population and the development of nutrition improvement programs.

KEYWORDS: Sakhalin, Yakutia, hair, selenium, mercury, aluminum, lead, cadmium, zinc, mass spectrometry.

REFERENCES

- Avcyn A.P. i dr. Mikrojelementozy cheloveka. M.: Medicina, 1991. 495 s. (in Russ.).
- Avcyn A.P. i dr. Patologija cheloveka na Severe. M.: Medicina, 1985. 415 s. (in Russ.).
- Agadzhanjan N.A., Skal'nyj A.V. Himicheskie jelementy v srede obitanija i jekologicheskij portret cheloveka, 2-e izd. M.: KMK, 2001. 83 s. (in Russ.).
- Agadzhanjan N.A., Skalny A.V., Berezkina E.S. i dr. Referentnye znachenija sodержaniya himicheskikh jelementov v volosah vzroslyh zhitelej Respubliki Tatarstan. Jekologija cheloveka. 2016; 4: 38–44. DOI 10.33396/1728-0869-2016-4-38-44. (in Russ.).
- Agadzhanjan N.A., Skal'nyj A.V., Detkov V.Ju. Jelementnyj portret cheloveka: zabelevaemost', demografija i problema upravlenija zdorov'em nacija. Jekologija cheloveka. 2013; 11: 3–12. (in Russ.).
- Aftanas L.I., Berezkina E.S., Bonitenko E.YU. i dr. Elementnyj status naselenija Rossii. Sankt-Peterburg: Obshche-stvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju «Medkniga» «ELBI». 2014. 554 s. (in Russ.).
- Borisova N.V., Egorova G.A., Petrova P.G., Antipina U.D. Sostojanie zdorov'ja i jelementnyj status detej almazodobyvajushhego regiona Respubliki Saha (Jakutija). Dal'nevostochnyj medicinskij zhurnal. 2007; 1: 62–66. (in Russ.).
- Borisova N.V., Petrova P.G., Markova S.V. Funkcional'nye rezervy zdorov'ja i jelementnyj status naselenija Respubliki Saha (Jakutija). Vestnik Jakutskogo gosudarstvennogo universiteta imeni M.K. Ammosova. 2007; 4(3): 25–33. (in Russ.).
- Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmenenijah klimata i ih posledstvijah na territorii Rossijskoj Federacii. [Jelektronnyj resurs]. Federal'naja sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okružhajushhej sredy [Ofic. sajt]. URL: [\(http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/v2014/htm/\(data obrashhenija: 12.05.2014\)\)](http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/v2014/htm/(data obrashhenija: 12.05.2014)) (in Russ.).
- Gorbachev A.L. Nekotorye problemy biogeohimii severnyh territorij Rossii. Mikrojelementy v medicine. 2018; 19(4): 3–9. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-4-3-9. (in Russ.).
- Gorbachev A.L., Skalny A.V. Soderzhanie joda v volosah kak pokazatel' jodnogo statusa na individual'nom i populyacionnom urovnjah. Mikroelementy v medicine. 2015; 16(4): 41–44. DOI 10.19112/2413-6174-2015-16-4-41-44 (in Russ.).
- Gromova O.A. Fiziologicheskaja rol' i znachenie magnija v terapii. Terapevticheskij arhiv. 2004; 76(10): 58–62. (in Russ.).
- Zhestjanikov A.L. Disbalans nekotoryh makro i mikrojelementov kak faktor riska zabelevanij serdechno-sosudistoj sistemy na Severe. Jekologija cheloveka. 2005; 9: 19–25. (in Russ.).
- Ivanov V.N., Nikitina L.P., Anakina L.V. i dr. Bioselen – jeffektivnoe sredstvo v lechenii serdechno-sosudistyh zabelevanij. Morskoy medicinskij zhurnal. 1997; 4(1): 39–43. (in Russ.).

Ivanov S.I., Podunova L.G., Skachkov V.B., Tutel'jan V.A., Skalny A.V., Demidov V.A., Skalnaya M.G., Serebrjanskij E.P., Grabeklis A.R., Kuznecov V.V. Opredelenie himicheskikh jelementov v biologicheskikh sredah i preparatah metodami atomno-jemissionnoj spektrometrii s induktivno svjazannoj plazmoj i mass-spektrometrijej: Metodicheskie ukazaniya (MUK 4.1.1482-03, MUK 4.1.1483-03). M.: Federal'nyj Centr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii. 2003. 56 s. (in Russ.).

Kobysheva N.V. (red.). Klimat Rossii. SPb.: Gidrometeoizdat, 2001. (in Russ.).

Korchin V.I., Korchina T.YA., Ternikova E.M. i dr. Vliyanie klimatogeograficheskikh faktorov YAmalo-Neneckogo avtonomnogo okruga na zdorov'e naseleniya. ZHurnal mediko-biologicheskikh issledovanij. 2021; 9(1): 77–88. DOI 10.37482/2687-1491-Z046 (in Russ.).

Korchina T.YA. Donozologicheskaya diagnostika zabojevanij serdechno-sosudistoj sistemy u naseleniya Severnogo regiona. Ekologiya cheloveka. 2013; 5: 8–13. (in Russ.).

Kudabaeva H.I., Bazargaliev E.Sh., Koshmaganbetova G.K. O probleme joddeficitnyh sostojanij v Respublike Kazahstan. H.I. Kudabaeva. Medicinskij zhurnal Zapadnogo Kazahstana. 2013; 3(39): 18–23. (in Russ.).

Lehanova E.N. Cink i sostojanie zdorov'ja zhitelej biogeohimicheskoj provincii Krajnego Severa. Jakutskij medicinskij zhurnal. 2009; 3: 97–100. (in Russ.).

Maksimchuk T.P., Skalny A.V., Radysh I.V. i dr. Bioneorganicheskaya himiya s osnovami medicinskoj elementologii: uchebnik. Elektronnye tekstovye dannye. M.: Izd-vo RUDN, 2019. 628 s. (in Russ.).

Nikanov A.N., Dorofeev V.M., Megorskij V.V., Zhiron V.K. Jekologicheskie aspekty nakoplenija mineral'nyh jelementov v organizme naselenija, prozhivajushhego v rajonah intensivnoj promyshlennoj dejatel'nosti v evropejskoj chasti Arkticheskoi zony Rossii: monografija. Apatity: Izd-vo FIC KNC RAN, 2020. 87 s. (in Russ.). (in Russ.).

Oberlis D., Harland B.F., Skalny A.V. Biologicheskaya rol' makro- i mikroelementov u cheloveka i zhivotnyh Te-hasskij tekhnologicheskij un-t g. Labbok, SSHA, Un-t Govarda, g. Vashington, SSHA, Federal'noe gos. uchrezhdenie nauki «In-t toksikologii» Federal'nogo mediko-biologicheskogo agentstva Rossii, In-t bioelementologii gos. obrazova-tel'nogo uchrezhdeniya «Orenburgskij gos. un-t». Sankt-Peterburg: Nauka, 2008. (in Russ.).

Orlov V.P. Mineral'no-syr'evye resursy v regional'noj ekonomike. Mineral'nye resursy. Ekonomika i upravlenie. 2005; 6: 34–38. (in Russ.).

Patin S.A., Morozov N.P. Mikroelementy v morskikh organizmah i ekosistemah. M.: Leg. pishch. prom-st', 1981. 153 s. (in Russ.).

Popova L.A. Osobennosti demograficheskogo razvitiya severnyh territorij Rossii. Rossiya i sovremennij mir. 2010; (4): 178–190. (in Russ.).

Seregina I.F. Opredelenie himicheskikh jelementov v biologicheskikh zhidkostjakh i diagnosticheskikh substratah detej metodom mass-spektrometrii s induktivno svjazannoj plazmoj. Zhurnal analiticheskoi himii. 2010; 65(9): 986–994. (in Russ.).

Skalny A.V. Ocenka i korrekciya jelementnogo statusa naselenija - perspektivnoe napravlenie otechestvennogo zdavoohranenija i jekologicheskogo monitoringa. Mikroelementy v medicine. 2018; 19(1): 5–13. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-1-5-13. (in Russ.).

Skalny A.V. Referentnye znachenija koncentracii himicheskikh jelementov v volosah, poluchennyh metodom ISP-AJeS. Mikroelementy v medicine. 2003; 4(1): 55–56. (in Russ.).

Skalny A.V., Kiselev M.F. (red.). Jelementnyj status naselenija Rossii. V 5 tomah. Spb.: Medkniga «JeLBI-Spb», 2010–2014. (in Russ.).

Tarmaeva I.Ju., Lemeshevskaja E.P., Pogorelova I.G. i dr. Jelementnyj status detej Bajkal'skogo regiona. Mikroelementy v medicine. 2019; 20(4): 41–50. DOI 10.19112/2413-6174-2019-20-4-41-50. (in Russ.).

Fedoseenko M.V., Shirjaev R.R., Rjumin D.V. i dr. Biologicheskaja rol' magnija, kal'cija i cinka v reguljacii funkcij i razvitiia zabojevanij pishhevaritel'noj sistemy. Vestnik posle diplomnogo medicinskogo obrazovanija. 2003; 2: 58–62. (in Russ.).

Briffa J., Sinagra E., Blundell R. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. Heliyon. 2020; 6(9): 1–26. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04691

Griboff J., Wunderlin D.A., Monferran M.V. Metals, As and Se determination by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) in edible fish collected from three eutrophic reservoirs. Their consumption represents a risk for human health? Microchem J. 2017; 130: 236–244.

Kandhro G.A., Kazi T.G., Sirajuddin, Kolachi N.F., Kazi N., Afridi H.I., Baig J.A., Shah A.Q., Wadhwa S.K., Khan S., Arain M.B. Effects of selenium supplementation on iodine and thyroid hormone status in a selected population with goitre in Pakistan. Clin Lab. 2011; 57(7-8): 575–85.

Kishosha P.A., Galukande M., Gakwaya A.M. Selenium deficiency a factor in endemic goiter persistence in sub-Saharan Africa. World J Surg. 2011; 35(7): 1540–1545.

Nardi E.P., Evangelista F.S., Tormen L., Saint T.D., Curtius A.J., de Sousa S.S. et al. The use of inductively-coupled mass spectrometry (ICP-MS) for the determination of toxic and essential elements in different types of food samples. Food Chem. 2009; 3: 727–732.

Rao K.S., Balaji T., Rao T.P., Babu Y, Naidy G.R.K. Determination of iron, cobalt, nickel, manganese, zinc, copper, cadmium and lead in human hair by inductively-coupled plasma atomic emission spectrometry. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. 2002; 8: 1333–1338.

Rodushkin I., Axelsson M.D. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Sci Total Environ. 2003; 1–3: 23–39.

Savchenko O.V., Toupelev P.A. Lead, cadmium, manganese, cobalt, zinc and copper levels in whole blood of urban teenagers with non-toxic diffuse goiter. Int J Environ Health Res. 2012; 22(1): 51–59. DOI: 10.1080/09603123.2011.588324.