

ЕВГЕНИЯ МИХАЙЛОВНА СТЕПАНОВА

младший научный сотрудник лаборатории физиологии экстремальных состояний, Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН (Магадан, Российская Федерация)

At-evgenia@rambler.ru

ЕЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНА ЛУГОВАЯ

кандидат биологических наук, доцент, ученый секретарь, Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН (Магадан, Российская Федерация)

elena_plant@mail.ru

ИРИНА АНАТОЛЬЕВНА ВИНОГРАДОВА

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой фармакологии, организации и экономики фармации, микробиологии и гигиены медицинского факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)

irinav@petsu.ru

ЭЛЕМЕНТНЫЙ «ПОРТРЕТ» СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

Методами атомной эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой определяли содержание 25 макро- и микроэлементов в волосах студентов Европейского и Азиатского Севера (Санкт-Петербург, Петрозаводск, Магадан). Установлено, что элементный статус организма всех изученных групп характеризуется дефицитом эссенциальных микро- и микроэлементов, таких как Co, Ca, Mg, Cu (50–90 % от числа обследованных). Выраженных нарушений в содержании Al, As, B, Cd, Hg, Pb, Sn, V не обнаружено. Анализ медианных значений концентраций химических элементов в волосах обследованных лиц позволил выявить ряд достоверных региональных различий. У всех обследованных ниже нижней границы референтных значений оказалось содержание Co, Ca, Mg, Se; в Петрозаводске у всех студентов ниже содержание Cr и Na и выше верхней границы содержание Zn; в Санкт-Петербурге и Магадане ниже нижней границы – концентрация Mn. У курсантов мужского пола из Санкт-Петербурга достоверно большим оказалось содержание в волосах B, Ca, Co, Fe, Mg и Se; у студентов из Петрозаводска – Hg, I, P и Zn; у студентов из Магадана – As, Cd, Cr, K, Na, Si и V. В организме магаданских студенток достоверно выше были концентрации Al, As, B, I, Na, Se, Si и V; в волосах девушек из Петрозаводска – Cu, Zn и Hg. При корреляционном анализе у всех студентов северных регионов мужского пола выделено 3 одинаковые пары элементов с положительной статистически значимой ($p < 0,05$) сильной связью: Ca/Mg, Cd/Pb, K/Na. В корреляционной плеяде девушек из Петрозаводска и Магадана выделяется также 3 пары элементов с положительной сильной связью ($p < 0,05$): Ca/Mg, Ca/Mn, Mg/Mn. Хронический дефицит основных химических элементов в экстремальных северных условиях может создавать основу для развития дисфункций многих физиологических процессов и формирования широкого спектра патологий.

Ключевые слова: макро- и микроэлементы, дисбаланс, студенты, Север, адаптация

В настоящее время проблема здоровья населения является как общенациональным, так и региональным приоритетом социальной политики. В данном контексте заслуживает особого внимания так называемая студенческая молодежь – социально-демографическая группа, готовящаяся в ходе получения высшего образования к профессиональной деятельности. Это наиболее подготовленная, образованная часть молодежи, которая является самой активной, динамичной частью любого общества [15].

На формирование здоровья студенческой молодежи влияет множество факторов, непосредственно связанных с учебным процессом (продолжительность учебного дня, учебная нагрузка, обусловленная расписанием, перерывы между занятиями, состояние учебных аудиторий и т. д.) и субъективных, а также личностные характеристики (режим питания, двигательная активность, организация досуга, наличие или отсутствие вредных привычек и т. д.) [18] и образ жизни [9], [17].

Вместе с тем развитие большинства заболеваний так или иначе связано с факторами окружающей среды, набор которых для Севера России хорошо известен. Это низкая температура среды, фотопериодичность, высокая ионизация воздуха и резкие колебания напряжения геомагнитного и статического электрического поля, перепады атмосферного давления, низкая парциальная плотность кислорода в воздухе, неадекватное питание, слабоминерализованная питьевая вода и др. Их неблагоприятное воздействие на организм может привести к развитию сдвигов в основных физиологических системах организма и формированию патологии у человека [1], [2], [7], [8], [9].

Одним из условий успешной адаптации и поддержания функциональных резервов, особенно в экстремальных условиях Севера, является адекватное потребностям обеспечение организма макро- и микроэлементами (МЭ) [13]. Соответственно, отклонения в содержании химических элементов, вызванные экологическими, профессиональными, климатогеографическими факторами или заболеваниями, приводят к широкому спектру нарушений в состоянии здоровья. Для Севера, в том числе и Северо-Запада России, характерна недостаточность магния, калия, йода, фтора, железа, селена, цинка и других микро- и макроэлементов, что является риском развития скрытых и выраженных микроэлементозов [5], [16]. Таким образом, особый интерес представляет определение общей структуры элементного профиля организма и выявление особенностей элементного дисбаланса у студентов Европейского (на примере г. Санкт-Петербург – 59°57' с. ш., 30°19' в. д. и г. Петрозаводск – 61°47' с. ш., 34°22' в. д.) и Азиатского (г. Магадан – 59°34' с. ш., 150°48' в. д.) Севера, родившихся и проживающих в схожих природно-климатических и биогеохимических условиях среды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта элементного анализа использовали волосы с затылочной части головы. Правомерность и эффективность использования волос для оценки элементного статуса всего организма доказана результатами нескольких международных координированных программ, выполненных под эгидой Международного агентства по атомной энергии [19].

Методами атомной эмиссионной спектрометрии (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии (МС-ИСП) с индуктивно связанной аргонной плазмой на приборах Optima 2000 DV и ELAN 9000 (Perkin Elmer Corp., США) в ООО «Микро-нутриенты» (г. Москва) определяли содержание 25 МЭ (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) в волосах курсантов Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова (Санкт-Петербург,

n = 31), студентов Петрозаводского государственного университета (Петрозаводск, n = 47) и Северо-Восточного государственного университета (Магадан, n = 46). Средний возраст курсантов из Санкт-Петербурга составил $19,10 \pm 0,23$ года, студентов из Петрозаводска – $21,47 \pm 0,27$ года, из Магадана – $20,26 \pm 0,27$ года. В качестве референтных величин концентраций элементов в волосах использованы среднероссийские показатели [14].

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием пакета IBM SPSS Statistics 21. Для установления различий между двумя независимыми выборками по количественным показателям, распределение которых отличалось от нормального, применяли критерий Манна – Уитни (U), где Z соответствует параметрическому t-критерию Стьюдента для независимых выборок. Параметры описательной статистики для количественных показателей приведены в виде медианы (Me) и интерквартильной ширины (25-й; 75-й процентиля). Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось при $p < 0,05$. Анализ вероятностной связи между химическими элементами в организме проводили с помощью ранговой корреляции Спирмена.

При сравнительном анализе результатов многоэлементных исследований, полученных у лиц разных групп, мы использовали предложенный И. А. Рудаковым и коллегами [12] коэффициент статистической нестабильности (КСН), отражающий особенности статистических совокупностей рассматриваемых выборок (величины концентрации определенного элемента в исследуемых образцах). Для определения КСН рассчитывали два промежуточных показателя: разброс величин концентраций (РВК) – отношение величины среднего квадратического отклонения (σ) к величине средней арифметической (M) концентрации элемента в волосах, получаемое путем деления первой величины на вторую, и диапазон величин концентраций (ДВК) – отношение величины наибольшего значения концентрации элемента в волосах к величине наименьшего значения концентрации, получаемое путем деления первой величины на вторую. Единый обобщенный относительный коэффициент статистической нестабильности рассчитывали как произведение величин РВК и ДВК и представляли в целых числах.

Для определения общей доли вариации для коррелируемых показателей концентраций МЭ в волосах обследуемых рассчитывали коэффициент детерминации ($R = r \times r$, где r – значение коэффициента корреляции без учета знака), применимый, в том числе, при интерпретации данных физиологических исследований [11].

Настоящее исследование проведено с соблюдением требований биомедицинской этики

и сопровождалось добровольно полученным письменным информированным согласием обследуемых лиц.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Медианы концентраций МЭ в волосах обследованных студентов представлены в табл. 1 и 2.

По нашим данным, в организме студентов изученных регионов выявлен дисбаланс МЭ, выраженный преимущественно дефицитными концентрациями.

В связи с тем что в Санкт-Петербурге нами обследованы курсанты Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова (ВМА), в силу специфики учебного заведения в группу попали только лица мужского пола. Так, у всех курсантов ВМА (100 % от числа обследованных) обнаружен дефицит Co, у 74 % – Si, у 71 % – I, у 55 % – K, у 52 % – Cu и Mg, у 48 % – Na, у 42 % – Ca, у 26 % – Zn, у 19 % – Cr, у 16 % – P, у 13 % – Mn и избыток Zn у 48 %, Cr у 16 %, Mg у 13 % и Fe у 10 %. В организме студентов-мужчин из Петрозаводска также в 100 % случаев наблюдается дефицит Co, в 91 % – дефицит Ca, в 86 % – Mg, в 55 % – Cu и Na, в 36 % – Si, в 32 % – I, в 23 % – K, в 18 % – Cr, в 14 % – P и избыток Zn у 73 % от числа обследованных. В группе студентов-мужчин из Магадана элементные отклонения представлены дефицитом Co (86 %), Ca (76 %), Mg (69 %), Cu (66 %), I (62 %), Fe и P (48 %), K (28 %), Na, Se и Zn (24 %), Si (21 %) и Mn (17 %), а также избытком K (38 %), Cr и Zn (21 %).

Для студенток женского пола из Петрозаводска и Магадана характерна менее выраженная частота проявления дисбаланса по сравнению с обследованными лицами мужского пола. У 76 % девушек из Петрозаводска обнаружен дефицит Ca и Mg, у 72 % – Co и I, у 60 % – Na, у 32 % – Cu и Si, у 24 % – K, у 20 % – Se и Zn, у 16 % – Cr и у 12 % – Fe; избыток характерен для Zn (40 %), Cu и P (36 %), Mn (32 %) и Fe (12 %). В волосах магаданских студенток выявлен дефицит Mg (61 %), Ca и Co (56 %), Cu и Zn (44 %), I и K (33 %), Cr, Na и Se (28 %), P (22 %) и избыток Si (28 %), K, Mn, Na и P (17 %).

Таким образом, общим нарушением, характерным для всех изученных контингентов, является сочетанный дефицит Co, Ca, Cu, Mg, K, Na. Избыток Zn и дефицит Si характерен также для всех, кроме студенток Магадана, дефицит I и P – для всех, кроме студенток Петрозаводска, а дефицит Cr – для всех, кроме студентов мужского пола из Магадана. Избыток Mn и P – только для лиц женского пола исследуемых групп, а избыток Cr – для мужского. Дисбаланс Fe и Se (избыток и дефицит на уровне 20 %) встречается в разных группах, не проявляя четкой половой или территориальной дифференцировки, что можно отнести скорее к индивидуальной реакции организма на общее напряжение.

При исследовании элементного состава волос детей 3–15 лет г. Санкт-Петербурга ранее выявлено, что детское население Северо-Западного федерального округа в большей степени, чем в Центральном федеральном округе, подвержено риску металлотоксикозов по Pb, Al, Cd, Hg, As, Be, а также риску дефицита Ca, Mg [6]. Частотный анализ отклонений содержания МЭ у детей и подростков 7–14 лет г. Магадана показал дефицит Mg у 74 % детей, Co – у 63 %, Ca – у 54 %, K и Se – у 41 %, Mn – у 34 %, I – у 30 %, Cr, Cu и Zn – у 29 %; обнаружен значительный избыток Si у 36 % детей, Fe и Na – у 24 %. При этом нами было установлено, что содержание токсичных элементов не выходит за рамки физиологической нормы, однако в единичных случаях встречается избыток Al и Ni у девочек, Pb – у мальчиков, Cd, Li, Sn – у детей обоего пола [10].

По нашим данным, выраженного избытка тяжелых металлов и элементов, способных оказывать токсический эффект на организм (Al, As, B, Cd, Hg, Pb, Sn, V), у студентов изученных северных регионов не обнаружено. В единичных случаях в волосах студентов обоего пола из Петрозаводска обнаружен избыток B и Hg, у трех юношей из Магадана избыток Cd и V. У одной магаданской студентки обнаружен избыток Al и у двух – As. Во всех группах в единичном случае выявлен избыток Pb.

Анализ медианных значений концентраций химических элементов в волосах обследованных лиц позволил выявить ряд достоверных региональных различий. Так, у курсантов ВМА достоверно большим среди всех обследованных лиц мужского пола оказалось содержание в волосах B, Ca, Co, Fe, Mg и Se, у студентов из Петрозаводска – Hg, I, P и Zn, у студентов из Магадана – As, Cd, Cr, K, Na, Si и V (см. табл. 1). В организме магаданских студенток достоверно выше были концентрации Al, As, B, I, Na, Se, Si и V, в волосах девушек из Петрозаводска – Cu, Zn и Hg (см. табл. 2).

При сравнении полученных данных о содержании химических элементов в волосах студентов обоего пола, проживающих в Петрозаводске, с референтными значениями [14] установлено превышение концентрации Zn, а значения концентраций Cr и Na оказались ниже нижней границы референтного диапазона. Содержание Mn в волосах студентов Санкт-Петербурга и Магадана оказалось ниже нижней границы референтных значений. Значительно ниже нижней границы нормативных показателей оказались концентрации Ca, Co, Mg, Se в волосах всех обследованных лиц.

Подобно другим физиологическим параметрам, концентрация каждого из изученных элементов в волосах разных людей значительно варьируется (что связано с полом, возрастом, сезоном, местом проживания и т. д.). Более того,

Таблица 1

Содержание химических элементов в волосах студентов мужского пола северных регионов России, мкг/г (Ме (25-й; 75-й процентиль))

МЭ	Обследованные группы лиц		
	г. Санкт-Петербург – 1 (n = 31)	г. Петрозаводск – 2 (n = 22)	г. Магадан – 3 (n = 29)
Al	5,27 (3,73; 7,25)	4,42 (2,23; 6,66)	4,68 (2,85; 8,98)
As	0,042 (0,042; 0,042)	0,042 (0,042; 0,042)	0,089 (0,042; 0,114)
B	1,20 (0,86; 2,02)	0,64 (0,18; 1,16)	0,35 (0,18; 0,60)
Be	0,003 (0,003; 0,003)	0,003 (0,003; 0,003)	0,003 (0,003; 0,003)
Ca	334,17 (276,40; 419,32)	225,90 (161,78; 283,42)	208,90 (158,45; 303,06)
Cd	0,010 (0,005; 0,014)	0,007 (0,005; 0,014)	0,016 (0,007; 0,050)
Co	0,008 (0,006; 0,011)	0,006 (0,004; 0,007)	0,003 (0,002; 0,011)
Cr	0,36 (0,27; 0,68)	0,30 (0,25; 0,53)	0,78 (0,46; 1,03)
Cu	9,93 (8,58; 10,87)	10,21 (8,94; 12,22)	9,65 (8,20; 11,36)
Fe	22,14 (18,76; 26,68)	16,51 (14,14; 20,37)	11,07 (7,81; 15,25)
Hg	0,19 (0,14; 0,38)	0,53 (0,32; 0,89)	0,11 (0,06; 0,17)
I	0,34 (0,30; 0,55)	0,66 (0,39; 1,82)	0,33 (0,30; 0,70)
K	45,77 (30,47; 109,99)	66,20 (47,85; 163,55)	129,40 (51,49; 359,46)
Li	0,012 (0,012; 0,012)	0,012 (0,012; 0,012)	0,012 (0,012; 0,015)
Mg	30,93 (26,49; 45,90)	21,21 (16,98; 25,57)	23,95 (15,27; 34,57)
Mn	0,28 (0,23; 0,51)	0,35 (0,24; 0,54)	0,29 (0,21; 0,46)
Na	109,40 (58,18; 173,17)	63,21 (25,84; 183,71)	227,60 (97,09; 695,40)
Ni	0,18 (0,12; 0,28)	0,14 (0,09; 0,22)	0,14 (0,11; 0,34)
P	162,12 (141,89; 175,59)	165,84 (151,54; 181,38)	140,30 (118,85; 167,80)
Pb	0,22 (0,13; 0,34)	0,17 (0,11; 0,33)	0,23 (0,10; 0,97)
Se	0,47 (0,41; 0,52)	0,29 (0,26; 0,33)	0,34 (0,19; 0,46)
Si	11,48 (10,27; 15,24)	17,80 (7,61; 37,32)	38,75 (20,93; 47,21)
Sn	0,06 (0,05; 0,12)	0,07 (0,04; 0,11)	0,06 (0,04; 0,13)
V	0,008 (0,005; 0,014)	0,007 (0,004; 0,011)	0,131 (0,048; 0,199)
Zn	198,45 (149,40; 232,13)	227,84 (188,13; 249,23)	163,70 (151,40; 186,95)

МЭ	Статистические критерии и уровень значимости различий между сравниваемыми группами (U; Z; p)		
	1–2	2–3	1–3
Al	310; –0,56; 0,58	312; –0,13; 0,89	419; –0,45; 0,65
As	310; –1,70; 0,09	145; –3,59; 0,000	170,5; –4,78; 0,000
B	197; –2,60; 0,01	216; –1,63; 0,10	123,5; –4,60; 0,000
Be	341; 0,00; 1,000	319; 0,00; 1,000	449,5; 0,00; 1,000
Ca	117; –4,04; 0,000	310; –0,17; 0,86	165; –4,21; 0,000
Cd	318,5; –0,41; 0,68	168,5; –2,87; 0,004	270,5; –2,65; 0,01
Co	214,5; –2,29; 0,02	223; –1,83; 0,07	262; –2,78; 0,01
Cr	283; –1,05; 0,30	141; –3,39; 0,001	272; –2,63; 0,01
Cu	289; –0,94; 0,35	249,5; –1,32; 0,19	402,5; –0,70; 0,49
Fe	201; –2,53; 0,01	149; –3,23; 0,001	126; –4,79; 0,000
Hg	143,5; –3,57; 0,000	81,5; –4,52; 0,000	252; –2,92; 0,003
I	181,5; –2,94; 0,003	184; –2,47; 0,01	432; –0,03; 0,98
K	233; –1,95; 0,051	254; –1,24; 0,22	287; –2,40; 0,02
Li	321; –0,53; 0,60	286; –0,80; 0,43	382,5; –1,34; 0,18
Mg	112; –4,13; 0,000	300,5; –0,35; 0,73	229,5; –3,26; 0,001
Mn	299,5; –0,75; 0,45	276,5; –0,81; 0,42	448,5; –0,02; 0,99
Na	258; –1,50; 0,13	151; –3,20; 0,001	269; –2,67; 0,01
Ni	254,5; –1,56; 0,12	269,5; –0,94; 0,35	408; –0,61; 0,54
P	312; –0,52; 0,60	177; –2,70; 0,01	278; –2,54; 0,01
Pb	297,5; –0,79; 0,43	266,5; –0,999; 0,32	407; –0,63; 0,53
Se	27; –5,67; 0,000	279,5; –0,75; 0,45	217,5; –3,43; 0,001
Si	230,5; –2,00; 0,046	216,5; –1,95; 0,051	133,5; –4,68; 0,000
Sn	324,5; –0,30; 0,77	317; –0,04; 0,97	449; –0,01; 0,99
V	274; –1,21; 0,23	42; –5,28; 0,000	75; –5,54; 0,000
Zn	226; –2,08; 0,04	178,5; –2,67; 0,01	396; –0,79; 0,43

Примечание. МЭ – макро- и микроэлементы; Ме – медиана концентраций МЭ; U – критерий Манна – Уитни; Z – соответствует t-критерию Стьюдента для независимых выборок; полужирным шрифтом выделены элементы, различия концентраций которых хотя бы в одной из групп сравнения достоверны (при $p < 0,05$).

Таблица 2

Содержание химических элементов в волосах студентов женского пола северных регионов России, мкг/г (Me (25-й; 75-й процентиля))

МЭ	Обследованные группы лиц		Статистические критерии и уровень значимости различий между сравниваемыми группами (U; Z; p)
	г. Петрозаводск (n = 25)	г. Магадан (n = 18)	
Al	4,25 (3,10; 6,39)	10,73 (6,65; 22,42)	61,5; -4,03; 0,000
As	0,042 (0,042; 0,042)	0,071 (0,042; 0,235)	108; -3,64; 0,000
B	0,13 (0,07; 0,20)	0,56 (0,32; 1,11)	30; -3,69; 0,000
Be	0,003 (0,003; 0,003)	0,003 (0,003; 0,003)	212,5; -1,18; 0,24
Ca	277,61 (212,63; 663,66)	424,86 (264,83; 726,68)	189; -0,89; 0,38
Cd	0,009 (0,005; 0,021)	0,011 (0,005; 0,057)	195; -0,74; 0,46
Co	0,010 (0,006; 0,030)	0,016 (0,009; 0,041)	175,5; -1,22; 0,22
Cr	0,26 (0,18; 0,34)	0,42 (0,19; 0,70)	145,5; -1,96; 0,05
Cu	13,18 (10,78; 37,63)	9,03 (7,90; 11,06)	67; -3,89; 0,000
Fe	20,71 (13,49; 30,68)	22,18 (13,43; 28,32)	223; -0,05; 0,96
Hg	0,66 (0,33; 0,99)	0,35 (0,15; 0,67)	83; -2,17; 0,03
I	0,30 (0,30; 0,70)	0,68 (0,40; 0,93)	76,5; -2,44; 0,02
K	44,46 (27,05; 83,81)	53,09 (19,09; 111,05)	217; -0,20; 0,84
Li	0,012 (0,012; 0,013)	0,012 (0,012; 0,025)	208; -0,48; 0,63
Mg	36,26 (21,28; 66,79)	29,78 (16,51; 56,39)	190; -0,86; 0,39
Mn	1,04 (0,47; 2,55)	0,87 (0,51; 1,76)	209; -0,39; 0,69
Na	39,53 (16,17; 89,46)	95,11 (50,53; 254,00)	131; -2,31; 0,02
Ni	0,21 (0,11; 0,39)	0,16 (0,09; 0,30)	190,5; -0,85; 0,40
P	160,55 (144,98; 173,66)	146,90 (130,86; 181,08)	188; -0,91; 0,36
Pb	0,20 (0,09; 0,45)	0,17 (0,09; 0,54)	216; -0,22; 0,83
Se	0,30 (0,26; 0,31)	0,34 (0,27; 0,73)	135; -2,22; 0,03
Si	17,85 (12,86; 21,51)	32,49 (22,98; 61,12)	86; -3,42; 0,001
Sn	0,09 (0,04; 0,24)	0,13 (0,04; 0,24)	144; -0,20; 0,85
V	0,005 (0,004; 0,008)	0,032 (0,022; 0,073)	36,5; -3,70; 0,000
Zn	219,98 (183,05; 251,47)	180,48 (148,52; 208,83)	123; -2,51; 0,01

Примечание. МЭ – макро- и микроэлементы; Me – медиана концентраций МЭ; U – критерий Манна–Уитни; Z – соответствует t-критерию Стьюдента для независимых выборок; полужирным шрифтом выделены элементы, различия концентраций которых хотя бы в одной из групп сравнения достоверны (при $p < 0,05$).

статистические совокупности величин концентраций отдельных элементов редко соответствуют нормальному распределению, часто ассиметричны и содержат сильно отклоняющиеся («выскакивающие») варианты [12].

Коэффициент статистической нестабильности (КСН), отражающий степень индивидуального разброса величины концентрации каждого элемента в волосах обследованных студентов Европейского и Азиатского Севера, позволил в зависимости от распределения и индивидуальных колебаний концентрации в волосах классифицировать изученные элементы как статистически стабильные (КСН от 1 до 10), среднестабильные (КСН от 11 до 40) и низкостабильные (КСН от 41 и выше) (табл. 3). Характерно, что в зависимости от половой принадлежности и региона проживания формируются различные по стабильности группы химических элементов.

Анализ корреляционных связей в структуре корреляционных плеяд у обследованных лиц позволил выявить некоторые особенности взаимоотношений между химическими элементами (рисунок). Максимальное число корреляцион-

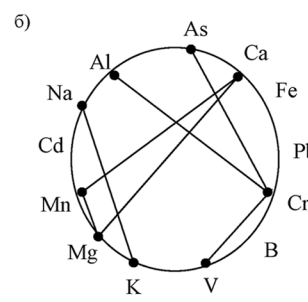
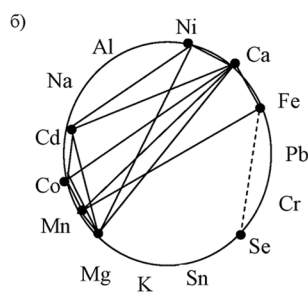
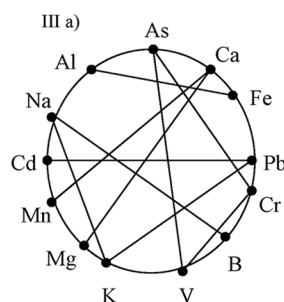
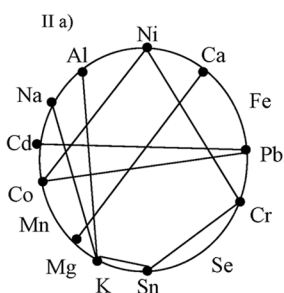
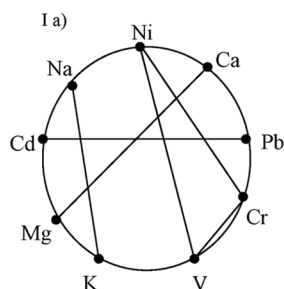
ных связей при уровне достоверности $p < 0,05$ обнаружено у студентов мужского пола из Магадана и составило 99, из них сильных прямых связей – 10, в то время как в структуре корреляционных плеяд студентов из Петрозаводска их оказалось 55 и 9, а в группе курсантов из Санкт-Петербурга – 67 и 6 соответственно. Характерно образование трех одинаковых пар элементов с положительной статистически значимой ($p < 0,05$) сильной связью в корреляционных плеядах студентов Санкт-Петербурга, Петрозаводска, Магадана: Ca/Mg ($r = 0,86$, $r = 0,80$, $r = 0,86$), Cd/Pb ($r = 0,79$, $r = 0,71$, $r = 0,89$), K/Na ($r = 0,83$, $r = 0,77$, $r = 0,78$) соответственно. В корреляционной плеяде девушек из Петрозаводска выявлена 81 связь, 15 – на уровне сильной ($p < 0,05$), у студенток из Магадана 23 и 7 соответственно. Аналогично структуре корреляционных связей в группе лиц мужского пола у девушек из Петрозаводска и Магадана образуется 3 пары элементов с положительной сильной связью ($p < 0,05$): Ca/Mg ($r = 0,90$, $r = 0,78$), Ca/Mn ($r = 0,79$, $r = 0,75$), Mg/Mn ($r = 0,87$, $r = 0,78$) соответственно. Таким образом, во всех исследуемых группах обнаружена корреля-

Таблица 3

Статистическая характеристика изученных элементов в зависимости от распределения и индивидуальных колебаний их концентрации в волосах студентов северных регионов России

Регион Пол	Санкт-Петербург	Петрозаводск	Магадан	Характеристика стабильности элемента
Женский	нет данных	Al, P, Zn, I, V, As, Li, Se, Si	Al, P, Zn, I, Cu, B, Fe	стабильные
		Ca, Pb, Cu	Ca, Pb, As, Cr, Hg, Mg, Mn, Se	среднестабильные
		Cd, Co, K, Na, Ni, Sn, B, Cr, Fe, Hg, Mg, Mn	Cd, Co, K, Na, Ni, Sn, Li, Si, V	низкостабильные
Мужской	Cu, Fe, Zn, Li, P, Ca, Mg, Mn, Co, Se, B, Si, Sn, I	Cu, Fe, Zn, Li, P, Al, As, Ni, Co, Se, Cd, V	Cu, Fe, Zn, Li, P, Al, As, Ni, Ca, Mg, Mn, Cr	стабильные
	Hg, Na, Al, Cd, Ni, V	Sn, Na, Ca, I, K	Sn, Hg, B	среднестабильные
	Pb, K, Cr	Pb, Si, Cr, B, Hg, Mg, Mn	Pb, Si, K, Se, Cd, Co, Na, V, I	низкостабильные

Примечание. Полужирным шрифтом выделены одинаковые элементы в группах обследованных студентов женского и мужского пола соответственно; полужирным шрифтом с подчеркиванием – в волосах студентов из Петрозаводска и Магадана; обычным шрифтом с подчеркиванием – в волосах студентов из Санкт-Петербурга и Магадана; курсивом – в волосах студентов из Санкт-Петербурга и Петрозаводска.



Структура корреляционных связей макро- и микроэлементов в организме студентов северных регионов России ($r > |0,7|$, $p < 0,05$): I – студенты Санкт-Петербурга;

II – студенты Петрозаводска; III – студенты Магадана;

а) лица мужского пола, б) лица женского пола;

сплошная линия – положительные связи,
пунктирная – отрицательные

ляционная пара Ca/Mg, при этом значения коэффициентов детерминации у юношей варьировали от $R = 0,64$ до $R = 0,74$ усл. ед., у девушек от $R = 0,61$ до $R = 0,81$ усл. ед., то есть степень проявления взаимовлияний в обнаруженной паре элементов значительная – 61–81 %. Однако величина коэффициента концентраций $K_{Ca/Mg}$ имела половую специфику: у женщин Карелии и Магадана она составила в среднем более 12 усл. ед. (12,24 и 12,73 соответственно), а у мужчин исследуемых регионов была ниже – 8,73 усл. ед. у мужчин Магадана, 8,9 – у мужчин Карелии и 9,55 – у курсантов Санкт-Петербурга. Полученные результаты согласуются с литературными данными о том, что у женщин по сравнению с мужчинами в волосах наблюдается существенно более высокое содержание Ca и Mg [3], [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При составлении элементного «портрета» организма студентов северных регионов установлено, что он имеет характерные черты так называемого северного типа с сочетанным дефицитом жизненно важных микроэлементов (50–90 % от числа обследованных): Co, Ca, Cu, Mg. Проведенные исследования показывают, что в различных северных регионах у молодых людей сопоставимого пола, возраста и образа жизни формируется свой особый элементный статус, параметры которого существенно отличаются от принятых физиологических нормативов, с умеренными и глубокими элементными нарушениями. В условиях Севера такого рода элементный дисбаланс может приводить к снижению адаптационных резервов организма. При этом хронический дефицит основных химических элементов в экстремальных северных условиях создает благодатную основу для развития дисфункций многих физиологических

ких процессов и формирования широкого спектра патологий.

В связи с этим одним из мероприятий в системе диспансеризации населения северных регионов должен стать контроль элементного со-

стояния организма молодых людей как основного трудового демографического потенциала страны, что позволит своевременно проводить оптимизацию питания в комплексе с обоснованной ранней коррекцией выявляемых нарушений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Марачев А. Г., Милованов А. П. Патология человека на Севере. М.: Медицина, 1985. 416 с.
2. Агаджанян Н. А., Ермакова Н. В. Экологический портрет человека на Севере. М.: КРУК, 1997. 205 с.
3. Агаджанян Н. А., Скальный А. В., Детков В. Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации // Экология человека. 2013. № 11. С. 3–12.
4. Баранова О. В. Роль социально-гигиенических факторов в нарушении макро- и микроэлементного статуса у студентов // Вестник ОГУ. 2006. № 12. С. 31–33.
5. Горбачев А. Л., Ефимова А. В., Луговая Е. А., Бульбан А. П. Особенности элементного статуса жителей различных природно-географических территорий Магаданской области // Экология человека. 2003. № 6. С. 12–16.
6. Детков В. Ю. Элементный статус детского населения Северо-Западного федерального округа России // Микроэлементы в медицине. 2012. Т. 13. Вып. 2. С. 29–33.
7. Доршакова Н. В., Карапетян Т. А. Особенности патологии жителей Севера // Экология человека. 2004. № 6. С. 48–52.
8. Доршакова Н. В., Карапетян Т. А., Жестяников А. Л., Никитина К. А. Реализация роли экологических факторов в процессе развития патологии и старения человека, живущего на Севере // Сб. тр. II Рос. симпозиума с междунар. участием «Световой режим, старение и рак», Петрозаводск, 17–19 окт. 2013. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. С. 96–103.
9. Корчин В. И., Багнетова Е. А. Региональные аспекты культуры здоровья молодежи среднего Приобья // Экология человека. 2007. № 4. С. 60–64.
10. Луговая Е. А., Атласова Е. М., Максимов А. Л. Элементный «портрет» детей 7–14 лет г. Магадана // Фундаментальные исследования. 2012. № 11. Ч. 4. С. 846–850.
11. Мельников А. А., Савин А. А., Емельянова Л. В., Видулов А. Д. Устойчивость позы во время статического напряжения до и после субмаксимального аэробного велоэргометрического теста у спортсменов // Физиология человека. 2012. Т. 38. № 2. С. 66–72.
12. Рудаков И. А., Егорова Г. А., Скальный А. В., Шиц И. В. Коэффициент статистической нестабильности – дополнительный критерий при оценке результатов многоэлементного анализа волос // Микроэлементы в медицине. 2006. № 7 (4). С. 1–6.
13. Скальный А. В. Референтные значения концентраций химических элементов в волосах, полученные методом ИСП–АЭС (АНО Центр биотической медицины) // Микроэлементы в медицине. 2003. № 4 (1). С. 55–56.
14. Скальный А. В. Микроэлементы: бодрость, здоровье, долголетие. М.: Эксмо, 2010. 175 с.
15. Суюпова М. С., Халикова С. С. Здоровье студентов как фактор сохранения трудового потенциала региона // Ученые заметки ТОГУ. 2013. Т. 4. № 4. С. 204–209.
16. Теддер Ю. Р. Эколого-гигиенические проблемы Европейского Севера // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Актуальные аспекты жизнедеятельности человека на Севере». Архангельск, 2006 / Экология человека. 2006. Приложение 4/1. С. 14–16.
17. Тихомиров Д. А. Демографический кризис и проблемы здоровья российской молодежи // Информационный гуманитарный портал «Знание. Понимание. Умение». 2013. № 5 (сентябрь – октябрь) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2013/5/>
18. Ушакова Я. В. Здоровье студентов и факторы его формирования // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Сер.: Социальные науки. 2007. № 4. С. 197–202.
19. 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.

Stepanova E. M., Scientific Research Center “Arktika” FEB RAS (Magadan, Russian Federation)

Lugovaya E. A., Scientific Research Center “Arktika” FEB RAS, (Magadan, Russian Federation)

Vinogradova I. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

ELEMENT “PORTRAIT” OF STUDENTS IN RUSSIAN NORTHERN REGIONS

The hair samples taken from students residing in the European North (St. Petersburg, Petrozavodsk) and Asian North (Magadan) were examined to study the content of 25 essential macro- and micro elements using the method of atom-emission and mass spectrometry with inductively bonded argon plasma. The found deficit in Co, Ca, Mg, and Cu is a common profile demonstrated by both examined groups. No pronounced misbalance was found in Al, As, B, Cd, Hg, Pb, Sn, and V. The analysis of median values of chemicals from examined hair samples enabled us to reveal a series of reliable region-related differences. All examinees were lower in Co, Ca, Mg, Se, as compared to the lower referent values. Petrozavodsk subjects were low in Cr and Na, and high in Zn, as compared to the lower and the upper referent values respectively. Students from Magadan and St. Petersburg were lower in Mn, as compared to the lower referent values. Male students from St. Petersburg demonstrated reliably higher B, Ca, Co, Fe, Mg and Se values, examined men from Petrozavodsk were reliably high in Hg, I, P and Zn, and Magadan male students showed As, Cd, Cr, K, Na, Si and V of rather high values. In regards to females, Magadan subjects were significantly high in Al, As, B, I, Na, Se, Si and V; hair samples from Petrozavodsk girl students were found to be significantly high in Cu, Zn and Hg. During correlation analysis, all examined male subjects demonstrated three equal pairs of elements with the positive and statistically significant ($p < 0,05$)

strong bond: Ca/Mg, Cd/Pb, and K/Na. In the correlation group of girls, the element portrait of Petrozavodsk and Magadan female subjects was reflected. There were also three pairs of elements with a positive strong bond ($p < 0,05$): Ca/Mg, Ca/Mn, and Mg/Mn. A chronic deficit in essential elements revealed in residents living in extreme conditions of the North can cause dysfunctions in many physiological processes and, therefore, initiate a broad spectrum of pathologies.

Key words: macro- and microelements, misbalance, students, north, adaptation

REFERENCES

1. Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Marachev A. G., Milovanov A. P. *Patologiya cheloveka na Severe* [Human Pathology in the North]. Moscow, Meditsina Publ., 1985. 416 p.
2. Agadzhanian N. A., Ermakova N. V. *Ekologicheskii portret cheloveka na Severe* [Ecological Portrait of Man in the North]. Moscow, KRUK Publ., 1997. 205 p.
3. Agadzhanian N. A., Skal'nyy A. V., Detkov V. Yu. Element Portrait of Man: Morbidity, Demography and Problem of Maintaining the Nation's Health [Elementnyy portret cheloveka: zabelevaemost', demografiya i problema upravleniya zdorov'em natsii]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013. № 11. P. 3–12.
4. Baranova O. V. Role of social hygienic factors in macro- and micro element status disorders in students [Rol' sotsial'no-gigienicheskikh faktorov v narushenii makro- i mikroelementnogo statusa u studentov]. *Vestnik OGU* [The OGU Bulletin]. 2006. № 12. P. 31–33.
5. Gorbachev A. L., Efimova A. V., Lugovaya E. A., Bul'ban A. P. The profiles of the element status shown by residents of different natural geographic territories of Magadan region [Osobennosti elementnogo statusa zhiteley razlichnykh prirodno-geograficheskikh territoriy Magadanskoy oblasti]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2003. № 6. P. 12–16.
6. Detkov V. Yu. Element status of the children population of Russia's Northwestern Federal District [Elementnyy status detskogo naseleniya Severo-Zapadnogo federal'nogo okruga Rossii]. *Mikroelementy v meditsine* [Trace Elements in Medicine]. 2012. Vol. 13. Issue 2. P. 29–33.
7. Dorshakova N. V., Karapetyan T. A. Pathology peculiarities of the North residents [Osobennosti patologii zhiteley Severa]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2004. № 6. P. 48–52.
8. Dorshakova N. V., Karapetyan T. A., Zhestyanikov A. L., Nikitina K. A. Implementation of the role of ecological factors in the process of pathology development and ageing of humans living in the North [Realizatsiya roli ekologicheskikh faktorov v protsesse razvitiya patologii i stareniya cheloveka, zhivushchego na Severe]. *Sb. tr. II Ros. simp. s mezhdunar. uchastiem "Svetovoy rezhim, starenie i rak"* [Coll. of papers of the IInd Rus. Symp. with Int. particip. "The Light Regime, Ageing and Cancer"] Petrozavodsk, PetrGU Publ., 2013. P. 96–103.
9. Korchin V. I., Bagnetova E. A. Region-related aspects of the youth's health culture in the Middle Ob area [Regional'nye aspekty kul'tury zdorov'ya molodezhi srednego Priob'ya]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2007. № 4. P. 60–64.
10. Lugovaya E. A., Atlasova E. M., Maksimov A. L. Element "portrait" of 7–14 year-old children of Magadan [Elementnyy "portret" detey 7–14 let g. Magadana]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Researches]. 2012. № 11. Part 4. P. 846–850.
11. Mel'nikov A. A., Savin A. A., Emel'yanova L. V., Vikulov A. D. Stability of position during static stress before and after submaximal aerobic cycle ergometer test in sportsmen [Ustoychivost' pozy vo vremya staticheskogo napryazheniya do i posle submaksimal'nogo aerobnogo veloergometricheskogo testa u sportsmenov]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2012. Vol. 38. № 2. P. 66–72.
12. Rudakov I. A., Egorova G. A., Skal'nyy A. V., Shits I. V. Coefficient of statistic instability as an additional criterion at assessing results of multielement analysis of hair [Koeffitsient statisticheskoy nestabil'nosti – dopolnitel'nyy kriteriy pri otsenke rezul'tatov mnogoelementnogo analiza volos]. *Mikroelementy v meditsine* [Trace Elements in Medicine]. 2006. № 7 (4). P. 1–6.
13. Skal'nyy A. V. Reference values for hair chemicals' concentration obtained with the method of ICP-AES (ANO Center of Biotic Medicine) [Referentnye znacheniya kontsentratsiy khimicheskikh elementov v volosakh, poluchennye metodom ISP-AES (ANO Tsentr bioticheskoy meditsiny)]. *Mikroelementy v meditsine* [Trace Elements in Medicine]. 2003. № 4 (1). P. 55–56.
14. Skal'nyy A. V. *Mikroelementy: bodrost', zdorov'e, dolgoletie* [Trace elements: vigor, health, longevity]. Moscow, Eksmo Publ., 2010. 175 p.
15. Syupova M. S., Khalikova S. S. Students' health as a factor for maintaining the region employable potential [Zdorov'e studentov kak faktor sokhraneniya trudovogo potentsiala regiona]. *Uchenye zametki TOGU* [The TOGU Scientist's Notes]. 2013. Vol. 4. № 4. P. 204–209.
16. Tedder Yu. R. Ecological hygienic problems of European North [Ekologo-gigienicheskie problemy Evropeyskogo Severa]. *Materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem "Aktual'nye aspekty zhiznedeyatel'nosti cheloveka na Severe"*. Arhangelsk, 2006 / *Ekologiya cheloveka* [Proceedings of all-Rus. sci. pract. Conf. with int. particip. / Human Ecology]. 2006. Annex 4/1. P. 14–16).
17. Tikhomirov D. A. Demographic crisis and problems of Russia's youth health [Demograficheskii krizis i problemy zdorov'ya rossiyskoy molodezhi]. *Informatsionnyy gumanitarnyy portal "Znanie. Ponimanie. Umenie"*. 2013. № 5 (sentyabr' – oktyabr'). Available at: www.zpu-journal.ru/e-zpu/2013/5/
18. Ushakova Ya. V. Students' health and factors of its development [Zdorov'e studentov i faktory ego formirovaniya]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. Ser.: Sotsial'nye nauki* [The Bulletin of Nizhny Novgorod Lobachevski University. Series: Social Sciences]. 2007. № 4. P. 197–202.
19. The Significance of Hair Mineral Analysis as a Tool for Assessing Internal Body Burdens of Environmental Pollutants (Report of an IAEA Coordinated Research Program, NAHRES – 18). Vienna, 1993.

Поступила в редакцию 26.06.2014