

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## АККУМУЛЯЦИЯ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ И УСЛОВНО ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ ЖИТЕЛЕЙ РОССИИ

Е.В. Сальникова<sup>1\*</sup>, В.Ю. Детков<sup>2</sup>, А.В. Скальный<sup>1,3,4</sup>

<sup>1</sup> Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

<sup>2</sup> Детская городская больница № 19 им. К.А. Раухфуса, Санкт-Петербург

<sup>3</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, Москва

<sup>4</sup> Оренбургский государственный университет

**РЕЗЮМЕ.** Представлены особенности элементного статуса населения относительно близких по климато-географическим условиям, за исключением Оренбургской области и ЯНАО, федеральных округов – Приволжского и Уральского. На территории этих округов расположены как относительно благополучные, так и неблагоприятные регионы по элементному статусу. Исследования показали, что отличительной особенностью Приволжского федерального округа, при всем климатогеографическом и национальном разнообразии входящих в его состав субъектов, является относительно большая распространенность среди населения дефицитов  $Cu$ ,  $Zn$  и  $Mn$  на фоне избытков  $Al$ ,  $Hg$ ,  $Pb$  и  $Cd$ .

Выявлено, что благополучными регионами являются Нижегородская область, Республика Татарстан, Республика Башкортостан, Ульяновская область, Самарская область. К неблагоприятным регионам по содержанию микроэлементов в организме взрослого человека (25–50 лет) относятся ХМАО, ЯНАО, Свердловская область, Удмуртская Республика, Оренбургская область, Пензенская область.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** микроэлементы, ранговое соотношение, волосы, население, заболеваемость, здоровье.

### ВВЕДЕНИЕ

Информация об элементном составе организмов всегда вызывала большой интерес. Данные о содержании ключевых элементов живого вещества – биогенных элементов (углерода, азота, водорода, фосфора и некоторых других) хорошо известны. В последнее время существенно возросло внимание к контролю содержания токсичных элементов, прежде всего, тяжелых металлов, мышьяка, селена, йода и других, осуществляемому в рамках исследований по санитарно-эпидемиологическому и экологическому благополучию населения. Актуальными являются исследования биологической роли химических элементов, присутствующих в организмах в микроскопических и субмикроскопических количествах.

Известно, что многие из этих элементов являются эссенциальными (медь, цинк, железо, йод, хром, кобальт, молибден, марганец, селен), условно эссенциальными (бром, бор, фтор, мышьяк, никель, литий, ванадий, кремний), ультрамикроэлементами (серебро, золото, платина, цезий и ртуть).

В здоровом питании человека, как подтверждают исследования ученых, исключительно важную роль играют эссенциальные микроэлементы (Агаджанян, Скальный, 2001; Бабенко, 2001; Campbell, 2001; Скальный, 2004). Для нормального функционирования организма одним из обязательных и важных условий является стабильность химического состава (Войнар, 1960; Mertz, 1985; Скальный, 2000; Бабенко, 2001; Агаджанян, Скальный, 2001;). Любые отклонения в содержании химических элементов, которые могут быть следствием экологических и/или климатогеографических факторов, приводят в конечном итоге к широкому спектру нарушений в живом организме (Авцын и др., 1991; Агаджанян, Скальный, 2001).

Цинк – биологически активный эссенциальный микроэлемент для всех форм жизни. Его содержание в организме в 10–15 раз выше содержания меди. Цинк обладает регулирующим действием в процессах обмена белков, жиров, углеводов, кроветворения. Этот элемент необходим для функционирования многих металлофермен-

\* Адрес для переписки:

Сальникова Елена Владимировна

E-mail: salnikova\_ev@mail.ru

тов (Hambidge et al., 1986; Шафран и др., 2011).

Медь – один из незаменимых микроэлементов в организме человека. Она участвует в процессах тканевого дыхания и кроветворения. Медь имеет большое значение для поддержания нормальной структуры сухожилий, хрящей, костей, эластичности стенок кровеносных сосудов. Медь входит в состав многих важнейших ферментов, таких как тирозиназа, аскорбиназа, цитохромоксидаза и др. В системе антиоксидантной защиты организма присутствует медь (Скальный, Рудаков, 2004).

Кадмий и свинец относятся к токсичным микроэлементам. Кадмий аккумулируется в основном в печени, почках и двенадцатиперстной кишке. Для оценки уровня содержания кадмия в организме человека используют волосы и мочу; среднее содержание кадмия в этих субстратах составляет 0,05–0,25 мкг/г и 0,03–5,0 мкг/л соответственно. Повышенное содержание кадмия в волосах у детей наблюдается значительно чаще, чем у взрослых (Скальный, Рудаков, 2004). При поступлении кадмия в среду, где уже есть смесь меди и цинка, общее токсическое действие трех металлов резко усиливается. Известен также антагонизм для некоторых групп металлов: цинк – кадмий, медь – свинец, медь – кадмий. Медь и цинк способствуют выведению кадмия из организма (Бокова, 2011).

Интерес к свинцу с биологической точки зрения сосредоточился на его токсических свойствах, представляющих опасность для человека и животных. Содержание свинца в организме человека с массой около 70 кг составляет примерно 2 мг. Значительное количество свинца попадает в организм с вдыхаемым воздухом. В России поступление свинца с пищей оценивается в 23–27 мкг/сут (Скальная, Нотова, 2004; Скальная и др., 2004), что составляет 9–11% от ВДУП.

Дефицит микроэлементов, в том числе дефицит цинка, является проблемой для значительной части населения нашей страны и мира в целом. Установлено, что даже незначительный недостаток цинка в организме может привести к аллергическим заболеваниям, снижению аппетита и остроты зрения, выпадению волос, хронической усталости, бесплодию, импотенции (MacDonald, 2000; Ibs, Rink, 2003; Lansdown et al., 2007). Загрязнение окружающей среды радиоактивными и токсичными элементами, недостаток в питьевой воде жизненно важных элементов, неполноценное питание, болезни приводят к возникновению заболеваний, в основе которых лежит избыток, дефицит или дисбаланс микроэлементов в организме. Наряду с такими диагностическими биосубстратами, как моча, кровь,

ногти хорошей информативностью для оценки уровня содержания микроэлементов в организме человека обладают волосы. Их химический состав отражает как внутреннее состояние организма, так и следствие воздействия различных экзогенных факторов (Авцын и др., 1991; Скальный, 2004). Волосы – это легкодоступный биологический материал, сбор их прост и безболезнен (Самарриба и др., 1998; Скальный, 2003). Наиболее полно волосы отражают уровень содержания как жизненно необходимых элементов, так и токсичных.

Исследование жизненно необходимых элементов в волосах дает возможность выявить наличие на ранней стадии патологических процессов и внести соответствующую корректировку в профилактику заболевания (Шевчук и др., 2002; Дадали и др., 2002; Харисчаришвили, Горгошидзе, 2006).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были отобраны образцы волос у женщин и мужчин (25–50 лет), долгое время проживающих на территориях Приволжского федерального округа (ПФО) и Уральского федерального округа (УФО). В Кировской области обследовано 415 жителей, из которых 295 взрослых (73 мужчины и 222 женщины), а также 120 детей (46 мальчиков и 74 девочки). В Нижегородской области – 991 человек: 872 взрослых (213 мужчин и 659 женщин) и 119 детей (59 девочек и 60 мальчиков). Прошли обследование 2155 взрослых (1049 мужчин и 1106 женщин) жителей Оренбургской области. В Пензенской области обследовано 306 взрослых (82 мужчины и 224 женщины). В Пермском Крае – 733 жителя, из них 659 взрослых (525 женщин и 134 мужчины) и 74 ребенка (43 девочки и 31 мальчик). В Самарской области – 1459 взрослых жителей (322 мужчины и 1137 женщин). В Курганской области – 107 жителей, из них 61 взрослых (38 женщин и 23 мужчины) и 46 детей (23 девочки и 23 мальчика). Проанализирован элементный состав волос 1722 жителей, из которых 1483 взрослых (988 женщин и 495 мужчин) и 239 детей (142 девочки и 97 мальчиков), проживающих в Свердловской области. В Ханты-Мансийском автономном округе было обследовано 656 человек, из которых 581 взрослый (519 женщин и 62 мужчины) и 75 детей (44 девочки и 31 мальчик).

Определение концентраций макро- и микроэлементов в волосах проводилось в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва) с использованием методов атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно связанной ар-

гоновой плазмой (АЭС-ИСП и МС-ИСП на приборах ICAP-9000 «Thermo Jarrell Ash», США, Optima 2000 DV «Perkin-Elmer», США) согласно методическим указаниям (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03) (Верещагин и др., 2004; Сетко и др., 2005). В образцах волос определяли содержание 25 элементов – Al, As, Be, Ca, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, Ti, V, Zn.

Собственные результаты по содержанию химических элементов в волосах сравнивали с референтными значениями (Bertran, 1992; Скальный, 2003) и со среднероссийскими значениями (25–75 центильный интервал).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Регионы, рассматриваемые в данной работе, ранжированы по содержанию химических элементов в волосах населения, а также по распространенности (встречаемости) случаев их недостаточного и избыточного содержания. При этом большее численное значение ранга соответствует меньшему содержанию химического элемента и меньшей встречаемости отклонений. Таким образом, высший ранг имеет минимальное численное значение (ранг 1) и соответствует наибольшему содержанию элемента, наибольшей распространенности его избытков и наибольшей распространенности его дефицитов.

Ранее проанализирован элементный состав волос детей и взрослых жителей Республики Башкортостан (Гарифуллина, 2010). Выявлено, что по сравнению с другими субъектами ПФО для детского населения характерно преобладание пониженных показателей содержания в волосах многих жизненно важных микроэлементов: Fe, Mn для мальчиков и девочек, Zn и Co – только для мальчиков, I и Se – только для девочек. Кроме того, для детского населения характерен низкий уровень некоторых токсикантов и условно эссенциальных микроэлементов: Hg, Al – для всех детей, Ni – для девочек, Cd, B – для мальчиков. Для взрослого населения Республики Башкортостан, в отличие от детей, типично преобладание повышенного по отношению к средним значениям по ПФО содержания в волосах химических элементов. Это касается макроэлементов K, Na, Mg, Ca (все взрослые), Ni, Cr, V (только мужчины), в том числе классических экотоксикантов Pb и Cd (ранг 1 и 2), As (только женщины) и условно эссенциального микроэлемента Sn (только женщины). Низкие содержания элементов по отношению к взрослому населению других регионов встречаются значительно реже, причем это касается эссенциальных микроэлементов Zn, Se, I (мужчины), Fe, Mn (женщины), условно эссенциального

микроэлемента Si (все взрослые), токсичных элементов Al (все взрослые) и Hg (женщины).

В табл. 1, 2 представлено ранговое соотношение территорий ПФО по медиане содержания химических элементов в волосах женщин и мужчин 25–50 лет.

Таблица 1. Ранговое соотношение территорий ПФО по медиане содержания Zn, Cu, Cd и Pb в волосах женщин 25–50 лет (Скальный, Киселёв (ред.), 2013)

Территория	Элемент			
	Zn	Cu	Cd	Pb
Республика Башкортостан	10	1	2	1
Кировская область	7	5	9	6
Республика Марий Эл	4	7	1	7
Республика Мордовия	14	13	10	10
Нижегородская область	8	10	12	11
Оренбургская область	13	2	3	4
Пензенская область	12	12	7	5
Пермский край	2	3	14	14
Самарская область	5	8	6	8
Саратовская область	9	11	8	9
Республика Татарстан	3	9	5	3
Удмуртская Республика	1	4	13	13
Ульяновская область	6	6	4	2
Чувашская Республика	11	14	11	12

Таблица 2. Ранговое соотношение территорий ПФО по медиане содержания Zn, Cu, Cd и Pb в волосах мужчин 25–50 лет (Скальный, Киселёв (ред.), 2014)

Территория	Элемент			
	Zn	Cu	Cd	Pb
Республика Башкортостан	13	2	2	2
Кировская область	3	13	13	9
Республика Марий Эл	6	7	7	14
Республика Мордовия	1	4	4	11
Нижегородская область	9	9	9	5
Оренбургская область	14	1	1	1
Пензенская область	11	3	3	3
Пермский край	8	10	10	12
Самарская область	5	8	8	7
Саратовская область	12	5	5	4
Республика Татарстан	4	12	12	8
Удмуртская Республика	2	14	14	13
Ульяновская область	7	6	6	6
Чувашская Республика	10	11	11	10

Данные лабораторного исследования волос 415 жителей Кировской области – 295 взрослых (73 мужчины и 222 женщины) и 120 детей (46 мальчиков и 74 девочки), свидетельствуют о низкой обеспеченности детей P, I, Zn, Se, Cu, Co. К элементам, содержание которых повышено, относятся Na, Mg, Fe и Mn. Значимых отклонений содержания в волосах детей токсичных и условно токсичных элементов (Al, As, Cd, Hg, Ni, Pb и др.) не выявлено. Наиболее значимыми региональными особенностями являются дефицит Cu (у 78,4% обследованных мальчиков содержание Cu в волосах было ниже физиологического уровня), Zn (65,1% обследованных девочек), Se (54,0% обследованных девочек), I (43,2% обследованных мальчиков) и P (38,0% обследованных детей) (Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кировской области. <http://www.43.rospotrebnadzor.ru>).

Для всех обследованных жителей характерны относительно повышенные показатели содержания в волосах Fe, V, Mg (кроме мужчин) и пониженные значения Cu (кроме женщин), Se (кроме мужчин). Важно отметить, что повышенные концентрации токсикантов встречаются редко. У представителей мужского пола общими являются относительно повышенная концентрация в волосах Pb и Zn и низкие показатели содержания Cu (Скальный, Киселёв, 2013).

Данные многоэлементного скрининга населения Нижегородской области (2004–2010 гг.) свидетельствуют о том, что определенную опасность для мужчин представляет частая встречаемость дефицитов Se (27%, ранг 2). Этот микроэлемент важен для предупреждения патологии сердечно-сосудистой системы, печени, кожи, предстательной железы, в том числе новообразований (Голубкина, Скальный и др., 2002). Среди женщин повышенных частот дефицитов каких-либо химических элементов по сравнению с другими регионами ПФО не выявлено, что следует отнести к положительным фактам.

В Оренбургской области обследованы 2155 взрослых (1049 мужчин и 1106 женщин). Среди женщин наблюдаются повышенные содержания (максимальные для ПФО) в волосах Na, Ca, Mg (45, 42, 60%, ранг 1), Cu (22%, ранг 2), Cd и Fe (12, 16%, ранг 3), а также V и Co (7, 3%, ранг 4). У них же максимально выражен сдвиг соотношения Ca/P, что в целом отражает риск повышенного влияния особенностей элементного статуса на заболеваемость болезнями опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой и мочевыделительной систем. Также среди женщин повышена частота дисбалансов Cd/Zn,

Cu/Zn, что может отрицательно повлиять на состояние клеточного иммунитета, нервной системы, печени и почек (Скальный, Рудаков, 2004). Среди мужского населения Оренбургской области распространены дефициты I (60%, ранг 3). Отмечен дефицит Zn (34%, ранг 14), повышающий риск развития иммунодефицитных, кожных заболеваний, расстройств репродуктивной системы, риск диабета, новообразований, в том числе рака простаты, особенно в сочетании с дефицитом Se.

В Пензенской области обследовано 306 взрослых (82 мужчины и 224 женщины). В волосах мужчин не обнаружено максимальных значений каких-либо химических элементов, однако относительно повышенными по сравнению с ПФО оказались уровни Cd, Pb, As, Se (ранг 3), а пониженными в максимальной степени – медианы Cu (ранг 13) и Zn (ранг 11). Для женщин характерны умеренно повышенные медианы содержания в волосах As, Se (ранг 3), а также Pb (ранг 4) на фоне низких уровней Zn и Cu (ранг 12). Обращает на себя внимание избыточное содержание в волосах жителей Пензенской области экотоксикантов As, Cd, Pb, особенно заметное у мужчин, а также выраженный дефицит Ca, Mg (основные антагонисты Pb), Zn, Cu (основные антагонисты Cd). Особую тревогу вызывают наиболее характерные только для этой территории нарушения соотношений Ca/Pb, Mg/Pb, Zn/Cd, Cu/Cd в пользу последних. Это явление не может не приводить к возникновению элементозов, микроэлементозов (по классификации А.П. Авцына и А.А. Жаворонкова, 1983). Элементный статус населения Пензенской области в целом неблагоприятен для здоровья жителей.

Для женщин Пермского края характерно незначительно более высокое, чем в целом в ПФО, содержание в волосах Zn и Cu (ранг 2 и 3 соответственно) (см. табл. 1, 2). При этом у них максимально низкие для ПФО показатели как макроэлементов-электролитов K, Na, Mg (ранг 14), так и токсикантов Pb и Cd (ранг 14), низкие – Ca, Li, Ni, Sn (ранг 13), Co, Cr (ранг 12), V (ранг 11). Вероятно, наиболее негативным фактором в группах взрослых является низкий уровень в волосах K и Mg – электролитов, играющих важнейшую роль в регуляции обменных процессов и проводимости в миокарде и необходимых для поддержания деятельности центральной нервной системы. Естественно, что низкая нагрузка экотоксикантами относится к положительным факторам.

Было обследовано 1459 взрослых жителей Самарской области (322 мужчины и 1137 жен-

щин). В волосах мужчин наблюдается максимальный для ПФО показатель превышения Cu (11%, ранг 1), в меньшей степени Ca (25%, ранг 2), Mn и Ni (30, 5%, ранг 3), отмечено незначительное превышение фоновых показателей по B, Si, Cr, Zn, P (5, 13, 12, 35, 16% соответственно, ранг 4). Повышенное содержание Cu в волосах часто отмечается при потреблении воды с повышенным содержанием Cu, у больных гепатитом, холециститом, у лиц, злоупотребляющих алкоголем (Скальный, Рудаков, 2004).

Интересно, что на фоне повышенного содержания Cu в волосах мужчин отмечены отклонения в частоте как повышенного, так и пониженного уровней Mn – микроэлемента, являющегося антагонистом Cu. Сочетание дисбалансов Cu, Ca, P, Si, B, Zn может отрицательно повлиять, в первую очередь, на заболеваемость опорно-двигательного аппарата.

В состав УФО входят шесть субъектов Российской Федерации: четыре области (Челябинская, Свердловская, Тюменская, Курганская) и два автономных округа (Ямало-Ненецкий, Ханты-Мансийский – Югра). Уральский федеральный округ занимает по площади третье место среди федеральных округов России после Сибирского и Дальневосточного. Он размещается на стыке азиатской и европейской частей России (Официальный сайт полномочного представителя Президента в Уральском федеральном округе, <http://www.uralfo.ru>). В Уральском федеральном округе сосредоточена значительная часть предприятий отечественной индустрии, вклад которых в загрязнение окружающей среды особенно заметен. Это объекты электроэнергетики, черной и цветной металлургии, топливной промышленности, машиностроения, лесохимического комплекса. Регион относится к числу наиболее загрязненных и «стрессовых» в экологическом отношении территорий России (Глушкова, Симагин (ред.), 2009).

В табл. 3, 4 представлены ранговые соотношения территорий УФО по медиане содержания Zn, Cu, Cd и Pb в волосах женщин и мужчин от 25 до 50 лет. Результаты показывают, что в волосах женщин, проживающих в Курганской области, низкое содержание микроэлементов Zn и Cu на фоне больших значений кадмия и свинца, которые являются их антогонистами.

Для жителей Свердловской области характерна высокая частота не только гиперэлементозов, но и гипозэлементозов, причем риск последних преобладает во всех группах населения, кроме мужчин. Среди мужского населения на первом месте (максимально для УФО) выражен риск нарушений обмена макроэлементов K и Na (45 и

30%, ранг 1) и микроэлементов Se, I (60, 30%, ранг 1) и Si (35%, ранг 1). На втором месте – риск недостаточности Zn (27%, ранг 2) и низкий показатель содержания в волосах Fe (23%, ранг 2).

Таблица 3. Ранговое соотношение территорий УФО по медиане содержания Zn, Cu, Cd и Pb в волосах женщин 25–50 лет (Скальный, Киселёв (ред.), 2013)

Территория	Элемент			
	Zn	Cu	Cd	Pb
Курганская область	6	6	1	1
Свердловская область	4	5	3	5
Тюменская область	2	4	2	2
Ханты-Мансийский АО	1	2	6	6
Челябинская область	3	1	4	4
Ямало-Ненецкий АО	5	3	5	3

Таблица 4. Ранговое соотношение территорий УФО по медиане содержания Zn, Cu, Cd и Pb в волосах мужчин 25–50 лет (Скальный, Киселёв (ред.), 2013)

Территория	Элемент			
	Zn	Cu	Cd	Pb
Курганская область	2	6	2	1
Свердловская область	6	4	1	4
Тюменская область	5	3	3	2
Ханты-Мансийский АО	1	2	5	6
Челябинская область	3	1	4	3
Ямало-Ненецкий АО	4	5	6	5

Среди женщин также максимально распространены низкие показатели K, Na, а также P (42, 28, 39%, ранг 1), Co, Si (49 и 19%, ранг 1), в меньшей степени Ca, Mg (42 и 33%, ранг 2), Zn, Cu и I (40, 44 и 49% соответственно, ранг 2).

В волосах взрослого населения Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) отмечен максимальный для УФО показатель превышения верхнего уровня содержания эссенциального микроэлемента Zn (36% у мужчин и 59% женщин, ранг 1). Для всего населения ХМАО характерны максимальные показатели избытков Mg и Zn – жизненно важных элементов.

Н.Л. Наумовой и М.Б. Ребезовым (2012) проведена оценка элементного статуса жителей г. Челябинска. Хотя содержание микроэлементов Zn и Cu в волосах всех возрастных групп находятся в пределах допустимых уровней, с возрастом риск развития гипозэлементоза Zn

значительно повышается (с 26,6 до 43,2%), а риск развития гипозэлементоза Cu (22,1–25,6%) относительно стабилен. В течение жизни риск развития гиперэлементозов челябинцев снижается незначительно: Zn – с 12,7 до 8,0%, Cu – с 15,2 до 12,0% (Наумова, Ребезов, 2012). Дефицитные состояния по Zn и Cu, вероятно, указывают на недостаточность поступления этих микроэлементов с пищей и часто являются следствием интоксикации организма тяжелыми металлами, в первую очередь – Hg, Pb, Cd, а также Mn и Fe. Многоэлементный анализ волос показывает, что жители Челябинской области в определенной степени похожи на жителей соседней Свердловской области и могут быть отнесены к неблагополучным в УФО. Риск гиперэлементоза меди у мужчин из Челябинской области максимален для УФО (5,2%, ранг 1). Также у них относительно повышены (ранг 2) показатели содержания в волосах микроэлементов Zn (39%) и Si (12%). Не исключено влияние выбросов Челябинского электролитного цинкового завода на более высокий уровень Zn в волосах мужчин. Среди женщин из Челябинской области превышения верхних уровней содержания химических элементов в волосах встречаются относительно часто.

### ВЫВОДЫ

Отличительной особенностью ПФО при всем климатогеографическом и национальном разнообразии входящих в его состав субъектов, являются относительно большая распространенность среди населения дефицитов Cu, Zn и Mn на фоне избытков Al, Hg, Pb и Cd. При этом частота дефицитов эссенциальных микроэлементов среди взрослых ниже, чем среди детей, а большинства токсикантов (особенно Pb) выше, чем среди детей.

На территориях Приволжского и Уральского федеральных округов расположены как относительно благополучные регионы – Нижегородская область, Республика Татарстан, Республика Башкортостан, Ульяновская область, Самарская область, так и неблагоприятные – ЯНАО, ХМАО, Свердловская область, Удмуртская Республика, Оренбургская область, Пензенская область. У населения ПФО и УФО, вероятно, прослеживается влияние на элементный статус населения как социально-экономических, так и в значительной степени природно-климатических условий.

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

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

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

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

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

Агаджанян Н.А., Скальный А.В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. Изд-е 2-е. М.: Изд. КМК. 2001. 83 с.

(Agadzhanyan N.A., Skalny A.V. [Chemical elements in the environment and the human ecological portrait]. 2nd ed. Moscow: KMK. 2001 [in Russ]).

Афтанас Л.И., Березкина Е.С., Бонитенко Е.Ю., Бурцева Т.И., Вареник В.И., Грабеклис А.Р., Демидов В.А., Киселев М.Ф., Николаев В.А., Скальный А.В., Скальная М.Г. Элементный статус населения России. Часть 4. Элементный статус населения Приволжского и Уральского федеральных округов / под ред. А.В.Скального, М.Ф.Киселева. СПб.: Медкнига «Элби-СПб», 2013. 576 с.

(Aftanas L.I., Berezkina E.S., Bonitenko E.Yu., Burtseva T.I., Varenik V.I., Grabeklis A.R., Demidov V.A., Kiselev M.F., Nikolaev V.A., Skalny A.V., Skalnaya M.G. [Elemental status of the population of Russia. Part 4. Elemental status of the population of the Volga and Ural Federal Districts]. Ed. by A.V. Skalny, M.F. Kiselev. Saint Petersburg: Medkniga «ELBI-SPb», 2013 [in Russ]).

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

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

Бокова Т.И. Экологические основы инновационного совершенствования пищевых продуктов: монография. Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2011. 284 с.

(Bokova T.I. [Ecological bases of innovative improvement of food products]. Novosibirsk, 2011 [in Russ]).

Верещагин Н.Н., Лесцова Н.А., Боев В.М., Макарова Т.М., Сизова Г.В. Содержание свинца, кадмия, мышьяка и ртути в продуктах питания Оренбургской области. Мат. I Междунар. науч.-практ. конф. «Биоэлементы». Оренбург, 2004. С. 256–258.

(Vereshchagin N.N., Lestsova N.A., Boev V.M., Makarova T.M., Sizova G.V. [Lead, cadmium, arsenic and mercury contents in foods in the Orenburg region]. In: Proc I Int Conf «Bioelements». Orenburg, 2004. 256–258 [in Russ]).

Войнар А.И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Высшая школа, 1960. 554 с.

(Voynar A.I. [Biological role of trace elements in animal and human body]. Moscow: Vysshaya shkola, 1960 [in Russ]).

Гарифуллина Г.Ф. Особенности формирования элементного гомеостаза у жителей крупного промышленного города: на примере г. Уфы Республики Башкортостан. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Уфа, 2010. 22 с.

(Garifullina G.F. [Peculiarities of elemental homeostasis formation in residents of a large industrial city on the example of Ufa, Republic of Bashkortostan]. PhD thesis abstract. Ufa, 2010 [in Russ]).

Голубкина Н.А., Скальный А.В., Соколов Я.А., Щелкунов Л.Ф. Селен в медицине и экологии. М.: Изд-во КМК, 2002. 134 с.

(Golubkina N.A., Skalny A.V., Sokolov Y.A., Shchelkunov L.F. [Selenium in medicine and ecology]. Moscow, 2002 [in Russ]).

Наумова Н.Л., Ребезов М.Б. Микроэлементный статус челябинцев как обоснование развития производства обогащенных продуктов питания. Фундаментальные исследования, 2012. № 4. Ч. 1. С. 196–200.

(Naumova N.L., Rebezov M.B. [Microelement status of the population of Chelyabinsk as basis of fortified foods production]. Fundamental research. 2012, 4(1):196–200 [in Russ]).

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

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

Официальный сайт полномочного представителя Президента Российской Федерации в Уральском федеральном округе. <http://uralfo.gov.ru>. Дата обращения: 17.06.2016.

([The official website of the plenipotentiary of the President of the Russian Federation in the Ural Federal District]. <http://uralfo.gov.ru>. Accessed: 17.06.2016 [in Russ]).

Самарриба О., Голубкина Н.А., Соколов Я.А. Оценка селенового статуса жителей Манагуа, Никарагуа путем исследования волос. Вопросы питания, 1998. № 2. С. 22–24.

(Samarriba O., Golubkina N.A., Sokolov Ya.A. [Estimation of selenium status of residents of Managua, Nicaragua, by hair analysis]. Problems of Nutrition. 1998, 2:22–24 [in Russ]).

Сетко Н.П., Михайлов А.Н., Боев В.Н. Зависимость между микроэлементным составом волос у рабочих и концентраций металлов в воздухе селитебной территории района размещения медеплавильного производства. Вестник ОГУ. Приложение: Биология и медицина. 2005. № 5. С. 138–139.

(Setko N.P., Mikhailov A.N., Boev V.N. [Relationship between trace element contents in hair of workers and metal concentrations in the air of residential area near a copper smelting plant]. Vestnik of the Orenburg State University. Appendix: Biology and Medicine. 2005, 5:138–139 [in Russ]).

Дадали В.А., Тананова Г.В., Шаповалова Л.М. и др. Системные продукты здоровья / под ред. В.А. Дадали. М., 2002. 90 с.

(Dadali V.A., Tananova G.V., Shapovalova L.M. et al. [System health products]. Ed. by V.A. Dadali. Moscow, 2002 [in Russ]).

Скальная М.Г., Нотова С.В. Макро- и микроэлементы в питании современного человека: эколого-физиологические и социальные аспекты. М.: РОСМЭМ, 2004. 310 с.

(Skalnaya M.G., Notova S.V. [Macro and trace elements in the diet of modern man: ecological, physiological and social aspects]. Moscow: RUSTEM, 2004 [in Russ]).

Скальная М.Г., Дубовой Р.М., Скальный А.В. Химические элементы-микронутриенты как резерв восстановления здоровья жителей России. Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2004. 240 с.

(Skalnaya M.G., Dubovoy R.M., Skalny A.V. [Chemical elements-micronutrients as a reserve for restoring health in Russian population]. Orenburg, 2004 [in Russ]).

Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»; Мир, 2004. 272 с.

(Skalny A.V., Rudakov I.A. [Bioelements in medicine]. Moscow, 2004 [in Russ]).

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

(Skalny A.V. [Reference values of chemical elements concentration in hair, obtained by means of ICP-AES method in ANO Centre for Biotic Medicine]. Trace Elements in Medicine (Moscow). 2003, 4(1):55–56 [in Russ]).

Скальный А.В. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климатогеографических регионов. Дисс. докт. мед. наук. М., 2000. 361 с.

(Skalny A.V. [Ecological and physiological substantiation of the efficiency of use of macro and trace elements at homeostatic disorders in subjects from various climatogeographical regions]. MD thesis. Moscow, 2000 [in Russ]).

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

(Skalny A.V. [Chemical elements in human physiology and ecology]. Moscow, 2004 [in Russ]).

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кировской области. <http://www.43.rospotrebnadzor.ru>. Дата обращения: 17.06.2016.

([Federal Service for Supervision on Consumer Rights and Human Welfare Protection in the Kirov region]. <http://www.43.rospotrebnadzor.ru>. Accessed: 17.06.2016 [in Russ]).

Федеральные округа России. Региональная экономика: учебное пособие / под ред. В.Г. Глушковой и Ю.А. Симагина. М.: КНОРУС, 2009. 352 с.

([Federal Districts of Russia. Regional economy]. Ed. by V.G. Glushkova, Y.A. Simagin. Moscow: KNORUS, 2009 [in Russ]).

Харисчаршвили И.З., Горгошидзе Б.Е. Анализ микроэлементного состава волос рентгено-флуоресцентным методом и его значение в деле диагностики заболеваний человека. Экспериментальная и клиническая медицина. 2006. № 7(32). С. 65–67.

(Kharischarishvili I.Z., Gorgoshidze B.E. [Analysis of trace element composition of hair by X-ray fluorescence and its significance in diagnostics of human diseases]. Eksperimental'naya i klinicheskaya meditsina. 2006, 7(32):65–67 [in Russ]).

Шафран Л.М., Пыхтеева Е.Г., Большой Д.В. Металло-тионеины. Одесса: Издательства «Чорномор'я», 2011. 428 с. (Shafran L.M., Pykhteeva E.G., Bolshoy D.V. [Metallothioneins]. Odessa, 2011 [in Russ]).

Шевчук И.А., Алемасова А.С., Рокун А.Н., Шевченко Л.А., Глушкова Е.М., Рафалюк В.В., Шабанова Н.П., Романов С.Н. Определение макро- и микроэлементов в волосах человека. Вісник Донецького університету. Сер.А: Природничі науки. 2002. Вып. 1. С. 301–302.

(Shevchuk I.A., Alemasova A.S., Rokun A.N., Shevchenko L.A., Glushkov E.M., Rafalyuk V.V., Shabanova N.P., Romanov S.N. [Determination of macro- and microelements in human hair]. Visnik Donetskogo universitetu. Ser. A: Prirodnichi nauki. 2002, 1:301–302 [in Russ]).

Bertran H.P. Spurenelemente. Analytik okotoxikologische und medizinisch-klinische Bedeutung. Munchen, Wien, Baltimor: Urban and Schwarzenberg, 1992. 207 p.

Campbell J.D. Lifestyle, minerals and health. Med Hypotheses. 2001, 57(5):521–531.

Hambidge K.M., Casey C.E., Krebs N.F. Zinc. In: Mertz W. (ed.) Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 5<sup>th</sup> ed. Vol. 2. New York: Academic Press, 1986. 1–137.

Ibs K.H., Rink L. Zinc-altered immune function. J Nutr. 2003, 133:1452S–1456S.

Lansdown A.B.G., Mirastschijski U., Stubbs N., Scanlon E., Agren M.S. Zinc in wound healing: theoretical, experimental and clinical aspects. Wound Repair Regen. 2007, 15(1):2–16.

MacDonald R.S. The role of zinc in growth and cell proliferation. J Nutr. 2000, 130:1500S–1508S.

Mertz W. Metabolism and metabolic effects of trace elements. In: Chandra R.K. (ed.) Trace elements in nutrition of children. New York: Vevey Raven Press, 1985. 107–117.

## ACCUMULATION OF ESSENTIAL AND CONDITIONALLY ESSENTIAL TRACE ELEMENTS IN HAIR OF INHABITANTS OF RUSSIA

*E.V. Salnikova<sup>1</sup>, V.Yu. Detkov<sup>2</sup>, A.V. Skalny<sup>1,3,4</sup>*

<sup>1</sup> Orenburg State University, Pobedy ave. 13, Orenburg 460018, Russia

<sup>2</sup> K.A. Rauchfuss Municipal Children's Hospital № 19, Ligovsky ave. 8, lit. A, St. Petersburg 193036, Russia

<sup>3</sup> All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Grina str. 7/1, Moscow 117216, Russia

<sup>4</sup> Demidov Yaroslavl State University, Sovetskaya str. 14, Yaroslavl 150000, Russia

**ABSTRACT.** Accumulation of essential and conditionally essential trace elements was studied in hair of people residing in Russia. Hair samples were taken from women and men 25-50 years old for a long time living in the Volga and Ural Federal Districts. These districts are relatively similar by climatic and geographical conditions, with the exception of the Orenburg Region and Yamalo-Nenets District. Determination of trace elements in hair was carried out in the test laboratory ANO Center for Biotic Medicine (Moscow) in accordance with the methodological guidelines MUK 4.1.1482-03, 4.1.1483-03 approved by the Ministry of Health of the Russian Federation. The study has shown that a distinctive feature of the Volga Federal District is relatively high prevalence of Cu, Zn deficiencies among the population on the background of Pb, Cd excess. In this federal district the highest risk of Cu, Zn hypoelementoses was detected in the Perm Territory, Penza region, Mordovia and Udmurtia; the lowest risk was detected in the Nizhny Novgorod region, Ulyanovsk region, Republic of Bashkortostan and Samara region. As regard to whole trace element profiles of adult population, there are favorable and unfavorable regions in the both federal districts. The most favorable are the Nizhny Novgorod region, Tatarstan, Bashkortostan, the Ulyanovsk and Samara regions. The most unfavorable are the Khanty-Mansi and the Yamalo-Nenets autonomous areas, the Republic of Udmurtia, the Sverdlovsk, Orenburg and Penza regions. Both socio-economic and environmental factors have a considerable impact on trace element status of the population.

**KEYWORDS:** trace elements, ranking, hair, population, morbidity, health.