

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ МОСКВЫ: СВЯЗЬ С ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ (1995–2004 гг.)

*А.В. Скальный<sup>1,2</sup>, М.Г. Скальная<sup>3</sup>, В.А. Демидов<sup>3,4\*</sup>, А.Р. Грабеклис<sup>1,4\*</sup>,  
Е.С. Березкина<sup>1,4</sup>, Ю.Н. Лобанова<sup>3</sup>, Е.П. Серебрянский<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Российское общество медицинской элементологии, Москва

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, Москва

<sup>3</sup> АНО «Центр биотической медицины», Москва

<sup>4</sup> Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

**РЕЗЮМЕ.** Дети – особая часть популяции, важнейшей особенностью которой является восприимчивость и чувствительность к экологически неблагоприятным факторам окружающей среды. В рамках цикла работ по поиску биомаркеров риска развития эколого-зависимых патологий было проведено обследование 1500 детей в возрасте 1–6 лет, проживающих на территории Москвы. Обследование включало интервью с заполнением опросной карты, врачебный осмотр и определение содержания 24 химических элементов в волосах (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Se, Si, Zn, Al, As, Be, Cd, Hg, Li, Ni, Pb, Sn, Ti, V) методами атомной эмиссионной и масс-спектрометрии с индукционно связанной аргоновой плазмой (АЭС-ИСП, МС-ИСП). Установлено, что здоровые дети (группа I) отличаются от детей с нарушениями в состоянии здоровья более низкими показателями содержания в волосах токсичных химических элементов (Pb, Hg, Cd, As, Al, Sn) и повышенными уровнями эссенциальных (Ca, Fe, Mg, Zn). У детей группы II по сравнению с детьми из группы I установлено достоверное снижение Ca, Fe, Mg на фоне повышения Cd, Pb, а также Co, K, Na и Se. Для детей группы III характерно повышение содержания в волосах 50% изученных элементов – Pb, As, Cd, Hg, Al, Sn, Co, K, Se, Mn, Na, Si на фоне выраженного дефицита Fe и Zn ( $p < 0,01$ ). Дальнейшее ухудшение здоровья (группа здоровья IV) сопровождается четкой тенденцией к увеличению содержания в волосах Pb, Cd, Hg, Ni, Al, Sn, K, Na, Se при сформировавшемся дефиците Zn ( $p < 0,01$ ). При обследовании детей, страдающих хроническими заболеваниями, показано, что максимальные изменения содержания в организме химических элементов характерны для детей с вторичными иммунодефицитами (часто болеющие дети), атопическим дерматитом, бронхиальной астмой, болезнями обмена веществ (сахарный диабет), тогда как «элементный портрет» воспалительных заболеваний желудочно-кишечного тракта (хронический гастродуоденит) и мочеполовой системы (хронический пиелонефрит, цистит) не столь значительно отличается от среднестатистических показателей.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** микроэлементы, макроэлементы, дети, заболеваемость, анализ волос.

Общепризнанно, что дети – особая часть популяции, важнейшей особенностью которой является восприимчивость и чувствительность к экологически неблагоприятным факторам окружающей среды. Высокая чувствительность организма ребенка не только определяет состояние здоровья детей в настоящий момент, но и оказывает влияние на их дальнейшее развитие и состояние. Патология развития детского организма является одним из специфических феноменов взаимодействия организма ребенка и внешней среды и может определяться задолго до его появления на свет (Вельти-

щев, Фокеева, 1992; Маторова, 2003; Цатурян, 2003; Матальгина, 2008). Важно подчеркнуть, что окружающая среда по сравнению с генетическими факторами, влияющими на здоровье, является хотя и вторичным, но мощным фактором, оказывающим значительное воздействие на состояние здоровья человека (Аксенов и др., 2009).

Рассматривая различные клинические эффекты, возникающие под действием химических агентов у детей, следует подчеркнуть, что они определяются в первую очередь классом опасности вещества, продолжительностью воздействия, а также

\* Адрес для переписки:

Грабеклис Андрей Робертович

E-mail: andrewgrabeklis@gmail.com

возрастной и индивидуальной чувствительностью. Известно, что экологически детерминированные состояния и заболевания проявляются далеко не у всех членов популяции, живущих в неблагоприятных экологических условиях. Они возникают у детей, отличающихся повышенной чувствительностью к конкретным химическим загрязнителям, нередко в результате длительного воздействия на организм невысокой их интенсивности (Одинаева и др., 2002; Туркебаева и др., 2004).

Большинство исследователей рассматривают экологическую нагрузку как фактор, непосредственно влияющий на общую резистентность организма, в результате чего создаются условия для проявления агрессивности инфекционных агентов. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют, что состояние иммунной системы является одним из ранних и чувствительных показателей вредного действия на организм факторов окружающей среды и может служить критерием риска развития неспецифических заболеваний. Снижение иммунной реактивности коррелирует с увеличением заболеваемости населения, проживающего в районах с повышенным загрязнением окружающей среды (Гичев, 2003). Высокий уровень заболеваемости детей, проживающих в городах с высокой степенью загрязнения атмосферного воздуха, обусловлен в основном болезнями органов дыхания (бронхиты, острые инфекции верхних дыхательных путей, ангина) и кожи (Яцына и др., 2012; Синёва и др., 2015). Влияние окружающей среды на функциональное состояние дыхательной системы проявляется, прежде всего, в снижении дыхательной функции легких, из которых особое значение придается жизненной емкости легких и форсированной жизненной емкости легких. Нарушения функции внешнего дыхания коррелируют с длительностью проживания детей в промышленной зоне, сохраняются долго и восстанавливаются медленно (Смирнова, Смирнов, 1991).

Проблема зависимости между патологией детей и взрослых и экологической ситуацией требует дальнейшего комплексного исследования населения в его природном, техногенном и социальном окружении и выявления более четких количественных закономерностей в системе «окружающая среда – здоровье – резервные возможности организма». Это даст возможность в перспективе проводить прогнозирование в пределах функциональных резервов организма (Агаджанян и др., 2000, 2013).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для решения поставленных задач проведено амбулаторное обследование 1500 детей в возрасте до 7 лет, проживающих в разных округах Москвы. Обследование включало интервью с заполнением опросной карты, врачебный осмотр и анализ образцов волос на содержание основных биологически значимых химических элементов.

Аналитические исследования выполнены методами атомной эмиссионной и масс-спектрометрии с индукционно связанной аргоновой плазмой (ИСП-АЭС, ИСП-МС) (Иванов и др., 2003). Анализ исследуемых образцов осуществлялся в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва). В биосубстратах определяли содержание 24 химических элементов: Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Se, Si, Zn – эссенциальные и условно эссенциальные, Al, As, Be, Cd, Hg, Li, Ni, Pb, Sn, Ti, V – токсичные и условно токсичные. Для определения содержания химических элементов использовались приборы атомно-эмиссионного (Optima 2000DV, Perkin Elmer Corp., определение Ca, Mg, P, Zn, K, Na) и масс-спектрального (ELAN 9000, Perkin Elmer Corp., определение Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Si, Sn, Ti, V) анализа с индуктивно-связанной плазмой. Пробоподготовка проводилась с использованием техники микроволнового разложения (Лакарова и др., 2011; Grabeklis et al., 2011).

Контроль за воспроизводимостью и точностью анализа осуществлялся путем систематического определения элементного состава стандартного образца волос (GBW09101, КНР).

Обработка результатов проводилась общепринятыми статистическими методами. Достоверность различий данных оценивалась с использованием критериев Стьюдента, Манна–Уитни и  $\chi^2$ . Оценка корреляционных взаимосвязей проводилась с помощью ранговой корреляции по Спирмену с использованием программ «Statistica 6.0» и «Excel 2003» на ПК.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для установления возможной зависимости содержания химических элементов в волосах от состояния здоровья проведен сравнительный анализ уровня макро- и микроэлементов в волосах детей, отнесенных к разным группам здоровья (табл. 1).

При сравнении содержания химических элементов в волосах практически здоровых детей (группа I) выявлено, что они отличаются от детей

с нарушениями в состоянии здоровья (группы II, III, IV) более низкими показателями содержания в волосах токсичных химических элементов – свинец, ртуть, кадмий, мышьяк, алюминий, олово, и повышенными уровнями эссенциальных – кальций, железо, магний и цинк. То есть в целом у них значительно менее выражена нагрузка организма токсическими химическими элементами, а содержание эссенциальных – выше.

У детей группы II, по сравнению с детьми из группы I, в волосах установлено достоверное понижение уровня кальция (с  $409,8 \pm 23,83$  до  $351,6 \pm 9,13$  мг/кг), железа (с  $27,4 \pm 1,66$  до

$22,01 \pm 0,7$  мг/кг), магния (с  $33,8 \pm 3,65$  до  $26,27 \pm 1,91$  мг/кг), соответственно, на фоне повышения содержания кадмия (с  $0,14 \pm 0,04$  до  $0,23 \pm 0,01$  мг/кг), свинца (с  $1,8 \pm 0,21$  до  $2,8 \pm 0,12$  мг/кг, соответственно), а также кобальта (с  $0,08 \pm 0,01$  до  $0,1 \pm 0,01$  мг/кг), калия (с  $668,1 \pm 87,91$  до  $924,6 \pm 50,66$  мг/кг), натрия (с  $514,32 \pm 71,15$  до  $699,5 \pm 47,89$  мг/кг) и селена (с  $0,8 \pm 0,08$  до  $1,2 \pm 0,05$  мг/кг) ( $p < 0,01$ ). Поскольку дети группы II характеризуются минимальными отклонениями в состоянии здоровья, то и нарушения в балансе химических элементов у них менее выражены по сравнению с детьми групп III–IV.

Таблица 1. Средние содержание химических элементов в волосах детей в возрасте 1–6 лет, отнесенных к разным группам здоровья ( $M \pm m$ , мг/кг)

Элемент	Группа здоровья			
	I (n = 207)	II (n = 518)	III (n = 455)	IV (n = 117)
Эссенциальные и условно эссенциальные элементы				
K	668,07±87,91	<b>924,62±50,66</b>	<b>995,95±60,51</b>	<b>960,62±107,66</b>
Na	514,32±71,15	<b>699,47±47,89</b>	<b>782,88±49,16</b>	<b>747,27±104,71</b>
Ca	409,79±23,83	<b>351,63±9,13</b>	389,39±14,89	425,37±32,1
Mg	33,79±3,65	<b>26,27±1,91</b>	36,65±2,83	29,01±3,38
P	147,14±5	142,23±1,91	151,15±3,14	153,59±5,88
Fe	27,43±1,66	<b>22,01±0,7</b>	<b>22,63±1,37</b>	22,88±3,26
Zn	117,31±6,49	118,67±4,8	<b>98,43±3,76</b>	<b>103,51±5,5</b>
Cu	11,1±0,41	11,1±0,24	11,17±0,39	11,66±0,65
Mn	0,63±0,07	0,73±0,07	<b>0,91±0,06</b>	0,75±0,09
Se	0,8±0,08	<b>1,19±0,05</b>	<b>1,27±0,07</b>	<b>1,11±0,01</b>
Cr	0,76±0,05	0,78±0,03	0,77±0,03	0,88±0,09
Si	20,37±1,34	20,36±0,7	<b>23,91±1,09</b>	22,22±2,25
Co	0,08±0,01	<b>0,1±0,01</b>	<b>0,11±0,01</b>	0,08±0,01
Токсичные и условно токсичные элементы				
Li	0,04±0	0,04±0	0,04±0	0,04±0,01
Ni	0,37±0,05	0,43±0,03	0,43±0,03	0,5±0,07
V	0,12±0,01	0,12±0,01	0,12±0,01	0,14±0,01
Sn	0,59±0,06	<b>1,02±0,05</b>	<b>0,84±0,04</b>	<b>0,86±0,1</b>
Al	17,62±1,28	19,63±0,63	<b>22,8±1,13</b>	<b>30,07±4,55</b>
As	0,2±0,06	<b>0,3±0,02</b>	<b>0,37±0,03</b>	0,25±0,04
Hg	0,21±0,03	0,25±0,02	<b>0,28±0,03</b>	<b>0,35±0,07</b>
Pb	1,82±0,21	<b>2,77±0,12</b>	<b>2,55±0,15</b>	<b>3,35±0,79</b>
Cd	0,14±0,04	<b>0,23±0,01</b>	<b>0,2±0,01</b>	<b>0,21±0,03</b>
Be	0,003±0,001	0,003±0,001	0,003±0,001	0,01±0,01
Ti	0,67±0,07	<b>0,58±0,03</b>	0,69±0,03	0,83±0,07

Примечание: выделены статистически значимые различия между группой I и группами II, III, IV ( $p < 0,01$ ).

Из всех четырех групп здоровья существенно выделяется группа III. Для детей данной группы характерно повышение абсолютных показателей содержания в волосах 50% изученных элементов (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть, алюминий, олово, кобальт, калий, селен, марганец, натрий, кремний) на фоне выраженного дефицита железа и цинка ( $p < 0,01$ ), т.е. можно предположить, что тяжесть состояния у детей этой группы сопровождается накоплением токсических элементов на фоне истинного дефицита важнейших биоэлементов (железо и цинк). Однако по мнению ряда ученых, повышение уровня в волосах многих химических элементов, по сравнению с детьми группы I, может отражать не только возможную роль избытка микроэлементов в возникновении болезни, но и усилия организма по активной компенсации формирующейся патологии (Антонова, Сердюковская, 1995; Киреева, Билялутдинова, 2015).

Ухудшение состояние здоровья (группа IV) сопровождается четкой тенденцией к увеличению содержания в волосах свинца, кадмия, ртути, никеля, алюминия, олова, калия, натрия и селена при сформировавшемся дефиците цинка ( $p < 0,01$ ). С нашей точки зрения, повышение содержания химических элементов в волосах детей этой группы следует рассматривать как показатель возможного срыва адаптационных механизмов.

Полученные нами данные о содержании элементов волосах детей групп II–IV, свидетельствуют о серьезных нарушениях элементного баланса организма, который может отражать стадии развития патологических отклонений. Как известно, дефицит железа, кальция, магния и цинка снижает иммунологическую резистентность и отрицательно сказывается на физическом и психическом развитии детей. У детей с дефицитом железа имеет место нарушение гормонального фона, выражающееся в гиперфункции щитовидной железы и повышенной выработке тиреотропного гормона, снижается уровень фагоцитов в крови (Терпугова, 2002). При дефиците цинка снижается не только Т-клеточный иммунитет, фагоцитарная активность лейкоцитов, содержание лизоцима, комплемента, но и значительно снижается синтез белка и РНК, и как следствие этого, наблюдается задержка роста и развития (Bhatnagar, Natchu, 2004; Оберлис и др., 2008).

Избыточное накопление свинца, ртути, кадмия, мышьяка и алюминия, обуславливает напряжение разных функциональных систем. В основе механизма многих проявлений интоксикации этими элементами лежит действие непосредственно на ядерный хроматин, а также косвенно – путем замещения других элементов, особенно эссенциальных, или изменения активности ряда ферментных систем. Все перечисленные химические элементы влияют на обмен веществ, в особенности минеральный, и на функцию нервной системы (Родионов и др., 2003; Anke, 2004).

Подводя итог сравнительного анализа зависимости состояния здоровья от обеспеченности организма химическими элементами, можно констатировать, что любое отклонение от нормы физиологического состояния организма находит отражение в изменении элементного состава волос детей. При этом глубина нарушений содержания химических элементов в волосах детей разных групп здоровья соответствует ухудшению состояния здоровья детей.

Для установления взаимосвязи между особенностями элементного состава волос и конкретными нозологий было проведено комплексное клиничко-лабораторное обследование детей из Северо-Восточного административного округа (СВАО) Москвы, страдающих хроническими заболеваниями (см. табл. 2).

Следует отметить, что данные скринингового многоэлементного анализа волос как подтверждают хорошо известные сведения о роли определенных химических элементов в этиопатогенезе хронических заболеваний (особенно иммунодефицитных и обменных), полученные при исследованиях традиционных биосубстратов (цельной крови, плазмы крови, мочи и др.), так и позволяют сделать новые предположения о возможной связи ряда элементозов с возникновением и течением патологии у человека. Например, чрезвычайно высокая частота отклонений (72%) в содержании кремния в волосах детей, страдающих сахарным диабетом, подтверждает необходимость углубленного изучения возможной протекторной роли Si при этом заболевании и, вероятно, объясняет эффективность применения в профилактике и лечении диабета и сопутствующих заболеваний топинамбура, стевии, стэхиса и других растений, богатых инулином и кремнием (до 8% от общей массы).

Таблица 2. Средние концентрации химических элементов в волосах детей СВАО Москвы, страдающих различными хроническими заболеваниями ( $M \pm m$ ) (Скальный А.В., 2000)

Элемент	Все дети СВАО (n = 234)	Сахарный диабет (n = 25)	Бронхиальная астма (n = 34)	Пиелонефрит (n = 12)	Инфекция мочевых путей (n = 17)	Атопический дерматит (n = 22)	Часто болеющие дети (n = 56)	Гастродуоденит (n = 45)
Al	32,39+4,43	30,5+3,77	46,37+2,27	27,74+2,74	30,28+1,82	22,79+2,22	27,55+3,9	33,02+3,57
As	0,32+0,65	0,26+0,06	0,31+0,05	0,29+0,11	0,34+0,11	0,26+0,07	0,43+0,12	0,19+0,11
Be	0,03+0,53	0,01+0	0,02+0,01	0,03+0,01	0,03+0	0,02+0,01	0,04+0	0,02+0,01
Ca	350,29+25	316,72+34,96	336,73+27,97	493,78+108	487,35+57,74	343,28+65,85	261,91+24,47	437,98+63,39
Cd	0,19+0,56	0,15+0,02	0,2+0,05	0,14+0,05	0,08+0,04	0,36+0,06	0,26+0,03	0,16+0,08
Co	0,22+0,59	0,25+0,04	0,19+0,03	0,23+0,04	0,21+0,04	0,17+0,06	0,22+0,06	0,27+0,08
Cr	1,05+0,65	1,15+0,22	0,96+0,11	1,12+0,14	1,4+0,14	1,11+0,18	0,87+0,12	1,04+0,13
Cu	6,91+0,79	8+0,43	6,94+0,48	6,78+0,48	7,25+0,53	6,71+0,61	5,26+0,26	7,31+0,5
Fe	22,28+3,84	21,95+1,82	22,5+1,68	22,77+3,11	24,27+2,83	19,76+1,86	22,41+3,31	26,86+3,93
K	745,1+213,2	998,74+257,2	638,51+198,6	886,89+370,3	681,85+297	803,87+179	743,81+212,6	637,89+176,9
Li	0,06+0,55	0,23+0,08	0,05+0,02	0,21+0,18	0,01+0,01	0,01+0,01	0,05+0,02	0,02+0,02
Mg	20,52+1,34	16,42+2,42	18,35+2,26	34,7+7,97	36,79+3,55	16,13+4,28	9,2+0,81	26,48+5,78
Mn	0,8+0,68	0,64+0,08	0,96+0,07	1,14+0,24	1,14+0,16	0,49+0,07	0,49+0,15	1,28+0,24
Na	563,68+246	647,2+143,7	506,85+147,8	697,92+304,8	450+149,88	409,33+96,4	672,26+245,5	499,95+156,8
Ni	0,34+0,59	0,19+0,07	0,54+0,44	0,46+0,17	0,14+0,08	0,48+0,14	0,44+0,06	0,24+0,27
P	135,78+5,75	141,28+4,02	141,73+5,65	142,56+5,45	141,08+5	124,27+7,53	11,96+5,22	148,29+13,26
Pb	1,52+0,91	0,9+0,17	1,45+0,22	1,05+0,21	0,92+0,18	1,65+0,29	2,38+0,38	1,33+0,61
Se	1,72+0,92	1,58+0,22	1,84+0,15	1,8+0,31	1,57+0,28	2,04+0,29	1,81+0,39	1,68+0,22
Si	11,73+1,98	19,64+8,53	12,73+5,92	14,62+6,06	10,16+3,06	8,49+2,21	10,43+1,45	14,08+2,99
Sn	0,88+0,77	0,59+0,08	0,78+0,11	0,81+0,17	0,81+0,21	0,94+0,27	1,4+0,24	0,74+0,21
Ti	0,44+0,61	0,52+0,1	0,43+0,05	0,46+0,11	0,3+0,07	0,43+0,14	0,45+0,08	0,39+0,09
V	0,14+0,56	0,17+0,03	0,11+0,03	0,21+0,02	0,2+0,02	0,09+0,01	0,07+0,03	0,16+0,06
Zn	107,51+14,6	91,06+10,22	105,72+11,55	133,23+16,31	137,42+10,9	97,28+18,23	70,2+14,09	134,54+13,27

Одно из наиболее часто встречающихся так называемых «экологозависимых» заболеваний детей – атопический дерматит – характеризовался выраженной недостаточностью Ca (46%), Cu (41%), Mn (64%), существенным дефицитом Zn, Co, Mg, P, Si. В этой группе детей чаще всего обнаруживался избыток Cd – антагониста Zn и Cu (27% случаев).

Интересно отметить, что ни в одном случае не был обнаружен явный дефицит Se. «Элементный портрет» атопического дерматита у детей во многом объясняет эффективность применения в его лечении препаратов Ca, Mg и P (фитин, доломит, доловит, монопрепараты Ca и Mg), а также средств, богатых Mn, Zn и Cu. Роль последних может заключаться как в компенсации их дефицита, так и в антагонизме по отношению к Cd. С другой стороны, накопление Cd может

быть причиной развивающегося при этом заболевании дефицита Zn и Cu (Mahan, Escott-Stump, 2007). В любом случае элиминационная терапия (сорбенты) и антидоты-антагонисты Cd могут быть полезны в каждом третьем случае атопического дерматита.

Максимальные отклонения в минеральном обмене отмечены у часто болеющих детей с вторичными иммунодефицитами. Это очень распространенное состояние среди детей, в том числе в Москве, где число детей, состоящих на учете как часто болеющие дети, составляет около 30000 человек. О серьезности нарушений минерального обмена в этой группе детей свидетельствует почти 100%-ная частота низкого содержания в волосах Mg (97%) и Zn (90%), а также Cu (80%), P (66%), Mn (70%), относительно высокая частота избыточного накопления олова (18%).

У часто болеющих детей отмечено наиболее низкое содержание в волосах К и Na. Этот показатель отражает снижение обменного пула этих элементов, тесно связанных в обмене с эндокринной системой, что характерно для состояний с истощением функций коры надпочечников, снижением реактивности организма. Наличие в подавляющем большинстве случаев часто болеющих детей дефицитов Mg, Zn, а также Cu, Mn и P требует как включения продуктов, богатых этими элементами, в рацион детей, так и приема соответствующих биологически активных добавок и фармпрепаратов.

В целом, комплексное клинико-лабораторное исследование детей, страдающих хроническими заболеваниями, относящимися к так называемым «экологозависимым» и обменным, показало следующее. В о - е р в ы х , каждая патология у детей имеет свой «элементный портрет», отражающий как фон, на котором протекает данное заболевание, так и участие отдельных элементов в его патогенезе; из этого следует, что в лечении хронических заболеваний необходимо учитывать особенности элементного статуса организма. В о - в т о р ы х , получено подтверждение этиопатогенетической общности таких экологозависимых заболеваний, как бронхиальная астма и атопический дерматит. В - т р е т ь и х , несмотря на относительно низкую загрязненность окружающей среды в СВАО Москвы тяжелыми металлами по сравнению с такими промышленными центрами, как Нижний Новгород, Челябинск, Саратов и др., при некоторых заболеваниях, вероятно, происходит избирательное накопление в организме детей некоторых из них (например, при атопическом дерматите – Cd (36% случаев) и Sn (14%), у часто болеющих детей – Sn (18%), при сахарном диабете – Al (24%) и V (8%), энурезе – Cr (33%), Se (17%), бронхиальной астме – Al (21%)). Эти факты можно расценивать как свидетельство «экологозависимости» этих заболеваний, специфичности и избирательной токсичности ряда элементов, что также требует внимательного рассмотрения роли некоторых элементов в этиопатогенезе распространенных хронических заболеваний у детей. В - ч е т в е р т ы х , учитывая известную зависимость эффективности применения микроэлементов от степени их дефицита при конкретном заболевании, полученные данные позволяют предположить, что целенаправленное применение средств, содержащих макро- и микроэлементы, будет максимально эффективным при вторичном

иммунодефиците, бронхиальной астме, атопическом дерматите, то есть заболеваниях с максимально выраженными нарушениями минерального гомеостаза.

В работе М.Г. Скальной (2005) были выявлены связи между заболеваемостью и элементным статусом популяции – жителей Москвы. Например, при инфекционных заболеваниях выявлена специфическая связь как с повышенным, так и с пониженным содержанием селена в волосах. Это подтверждает хорошо известный факт нарушения иммунитета, как при недостаточном, так и при избыточном поступлении селена в организм животных и человека. Подобная закономерность установлена для хрома в случае эндокринных заболеваний.

М.В. Велдановой (2002) было проведено исследование особенностей элементного состава волос детей и их сочетания с заболеваемостью йододефицитными состояниями среди 1330 детей и подростков Юго-Западного административного округа (ЮЗАО). Увеличение щитовидной железы при ультразвуковом обследовании было выявлено у 4,7% детей, медиана йодурии составила 151,2 мкг/л, что свидетельствует о высокой эффективности мер по профилактике дефицита йода. Было установлено, что для детей, проживающих в ЮЗАО, как и для всего детского населения Москвы, характерным является умеренный риск дефицитов P, Mg, Se, Mn, и в меньшей степени – Fe и Zn, а также дисбаланс Ca/P и K/Na.

В группе со значительно частотой встречаемости зоба спектр отклонений в минеральном обмене значительно шире по сравнению с благополучными группами. В ней выявлен дефицит Zn, Fe, Ca, при этом повышена концентрация Pb. Дефицит данных элементов связан, очевидно, с отсутствием сбалансированного питания. Большая частота увеличения щитовидной железы у детей из школы-интерната на фоне достаточного потребления йода является следствием более выраженного дисбаланса их элементного статуса.

Все элементные дисбалансы объединяются рядом общих закономерностей развития. Все они сопровождаются нарушением иммунного гомеостаза со снижением иммунной резистентности. Биоэлементный дефицит никогда не бывает изолированным, а всегда характеризуется микроэлементным дисбалансом и проявляется существенным нарушением разных видов обмена (минерального, жирового, углеводного и белкового) с соответствующими морфологическими проявлениями.

Повышение содержания химических элементов в волосах обследованных детей следует рассматривать с точки зрения позиций стресса и адаптации как показатель напряжения адаптационных механизмов, попытки организма компенсировать воздействие экзо- и эндогенных факторов путем увеличения мобильного пула элементов, мобилизации их из депо. В этом случае адекватная коррекция поступления соответствующих химических элементов с пищей, нутрицевтиками или фармсредствами, из окружающей среды приводит не к увеличению концентрации химических элементов в волосах, а его снижению до уровня «нормального диапазона» (компенсация прелатентного дефицита – по И.О. Вендланд, 1986).

Исходя из истинной или условной сущности всех исследованных элементов, отметим, что более благоприятным является избыточное накопление в организме химических элементов по сравнению с их дефицитом. В отличие от гиперэлементозов, диапазон несовместимости гипозэлементозов с нормальной жизнедеятельностью и самой жизнью в настоящее время ни у кого не вызывает сомнений (Selinus, 2005; Оберлис и др., 2008).

Заболевания человека развиваются чаще на фоне определенного запаса здоровья, и в этой связи особенно важно распознавать заболевания на доклинических стадиях и по возможности стимулировать в организме собственные механизмы защиты, оказывающие в этих случаях наиболее полный и стойкий лечебный эффект (Быков, 2009). В состояниях с выраженным дефицитом резервов здоровья, наблюдаемых, например, при значительном снижении уровня макро- и микроэлементов в организме, при манифестирующих заболеваниях требуется рациональное сочетание традиционных и немедикаментозных методов лечения, в том числе с использованием диетического питания, биологически активных добавок к пище (Ших, Ильенко, 2008; Пилат и др., 2012; Цыган, 2013).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило продемонстрировать, что на фоне ухудшения здоровья (группы II–IV) нарушается баланс элементов в организме. При различных патологических процессах существуют общие закономерности изменения этого баланса – в сторону понижения содержания эссенциальных, и повышения уровня токсичных элементов.

Установлено, что максимальные изменения содержания в организме химических элементов характерны для детей, страдающих так называемыми «экологозависимыми» заболеваниями (вторичные иммунодефициты – часто болеющие дети, атопический дерматит, бронхиальная астма), болезнями обмена веществ (сахарный диабет), тогда как «элементный портрет» воспалительных заболеваний желудочно-кишечного тракта (хронический гастродуоденит) и мочеполовой системы (хронический пиелонефрит, цистит) не столь значительно отличается от среднестатистических показателей, полученных как в СВАО, так и по Москве в целом. Можно также предположить, что уменьшение степени общей минерализации волос является показателем быстрой истощаемости, низкого уровня функциональных резервов организма, а его повышение по отношению к среднестатистическим показателям отражает напряжение компенсаторно-приспособительных механизмов.

Очевидно, что клиническое диагностирование, имеющее целью распознавание начавшейся болезни и, тем самым, измерение не количества здоровья, а величины его утраты, не может обеспечить решения основной задачи – организации первичной профилактики. Для ее решения необходимо уметь определять состояние здоровья, начиная от максимального уровня и до границ болезни, включая весь спектр донозологических состояний. Это позволит на практике осуществлять принцип рациональной комплексной морфофункциональной диагностики.

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

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

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

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.

(Agadzhanyan N.A., Skalny A.V., Detkov V.Yu. [Human elemental portrait: morbidity, demography and problem of nation health management]. Human Ecology. 2013, 11:3–12 [in Russ]).

Аксенов И.А., Джумагазиев А.А., Безрукова Д.А. Прогнозирование частых заболеваний у детей экологически неблагоприятного региона. Вопросы диагностики в педиатрии. 2009. Т. 1, № 2. С. 62–68.

(Aksionov I.A., Dzhumagaziyev A.A., Bezrukova D.A. [Prediction of the recurrent diseases in children from an environmentally disturbed region]. Voprosy Diagnostiki v Peditrii. 2009, 1(2):62–68 [in Russ]).

Антонова Л.Т., Сердюковская Г.Н. О проблеме оценки состояния здоровья детей и подростков в гигиенических исследованиях. Гигиена и санитария. 1995. С. 22–28.

(Antonova L.T., Serdyukovskaya G.N. [About the problem of assessing the health of children and adolescents in hygienic studies]. Hygiene and Sanitation. 1995, 6:22–28 [in Russ]).

Быков А.Т. Восстановительная медицина и экология человека. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 688 с.

Быков А.Т. [Restorative medicine and human ecology]. Moscow: GEOTAR-Media, 2009 [in Russ]).

Велданова М.В. Эколого-физиологическое обоснование системной профилактики коррекции микроэлементозной зобной эндемии у детей в различных регионах России: Автореф. дисс. докт. мед. наук. М. 2002. 35 с.

(Veldanova M.V. [Ecological and physiological substantiation of systemic prevention of microelement correction of endemic goiter in children in various regions of Russia]. Dr Sci thesis abstract. Moscow, 2002 [in Russ]).

Вельтищев Ю.Е., Фокеева В.В. Экология и здоровье детей (экоотоксикологическое направление). К концепции Республиканской научно-практической конференции. Материнство и детство. 1992. № 12. С. 30–34.

(Veltishchev Yu.E., Fokeeva V.V. [Ecology and children's health (ecotoxicological direction). By the concept of the Republican Scientific and Practical Conference]. Materinstvo i Detstvo. 1992, 12:30–34 [in Russ]).

Вендланд И.О. Клинико-лабораторные проявления и критерии диагностики дефицита цинка у подростков. Автореф. дисс. к.м.н. М., 1986. 21 с.

(Vendland I.O. [Clinical and laboratory manifestations and diagnostic criteria of zinc deficiency in adolescents]. PhD thesis abstract. Moscow, 1986 [in Russ]).

Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и экологическая обусловленность патологии человека. Новосибирск, 2003. 136 с.

(Gichev Yu.P. [Environmental pollution and ecological conditionality of human pathology]. Novosibirsk, 2003 [in Russ]).

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. С.56.

(Ivanov S.I., Podunova L.G., Skachkov V.B., Tutelyan V.A., Skalny A.V., Demidov V.A., Skalnaya M.G., Serebryansky E.P., Grabeklis A.R., Kuznetsov V.V. [Determination of chemical elements in biological fluids and drugs by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma mass spectrometry: Methodical guidelines MUK 4.1.1482-03, MUK 4.1.1483-03]. Moscow. 2003 [in Russ]).

Киреева Г.Н., Билялутдинова Д.И. Исследования содержания микроэлементов в биологических субстратах у детей и подростков (обзор литературы). Педиатрический вестник Южного Урала. 2015. № 2. С. 58–62.

(Kireeva G.N., Biljalutdinova D.I. Investigations of trace elements in biological substrates in children and adolescents (literature review)]. *Pediatricheskiy Vestnik Yuzhnogo Urala*. 2015, 2:58–62 [in Russ]).

Лакарова Е.В., Грабеклис А.Р., Скальный А.В. Одновременное изучение элементного состава волос и цельной крови человека при техногенных воздействиях малой интенсивности. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2011. № 3. С.60–63.

Lakarova E.V., Grabeklis A.R., Skalny A.V. [Simultaneous estimation of human hair and whole blood elemental content at low-intensity technogenic pollution]. *Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*. 2011, 3:60–63 [in Russ]).

Маталыгина О.А. Питание беременных и кормящих женщин. Решенные и нерешенные проблемы. Вопросы современной педиатрии. 2008. Т. 7. № 5. С. 58–70.

Matalygina O.A. [Nutrition of pregnant and lactating women. Solved and unsolved problems]. *Current Pediatrics*. 2008, 7(5):58–70 [in Russ]).

Маторова Н.И. Оценка изменений здоровья детей в условиях воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды. Медицина труда. 2003. № 3. С. 19–23.

(Matorova N.I. [Evaluating health changes in children under environmental hazards]. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*. 2003, 3:19–23 [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]).

Одинаева Н.Д., Яцык Г.В., Скальный А.В. Макро- и микроэлементы: анализ волос недоношенных новорожденных. Микроэлементы в медицине. 2002. Т. 3. Вып. 1. С. 63–66.

(Odinayeva N.D., Yatsyk G.V., Skalny A.V. [Major and trace elements: hair analysis of premature newborns]. *Trace Elements in Medicine (Moscow)*. 2002, 3(1):63–66 [in Russ]).

Пилат Т.Л., Кузьмина Л.П., Измерова Н.И. Детоксикационное питание. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 683 с.

Pilat T.L., Kuzmina L.P., Izmerova N.I. [Detoxifying nutrition]. Moscow: GEOTAR-Media, 2012 [in Russ]).

Родионов В.А., Сусликов В.Л., Матвеева Н.А. Здоровье детей на территориях эколого-биогеохимического риска. Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2003. 167 с.

(Rodionov V.A., Suslikov V.L., Matveeva N.A. [Health of children in the ecological and biogeochemical risk areas]. Cheboksary, 2003 [in Russ]).

Синёва Е.Л., Панкова В.Б., Саранча Е.О. Распространенность и структура заболеваний ЛОР-органов у детей промышленных регионов. Вестник оториноларингологии. 2015. Т. 80. № 2. С. 48–52.

Sineva E.L., Pankova V.B., Sarancha E.O. [The prevalence and structure of ENT diseases in the children residing in the industrial regions]. *Vestnik otorinolaringologii*. 2015, 80(2):48–52 [in Russ]).

Скальная М.Г. Гигиеническая оценка влияния минеральных компонентов рациона питания и среды обитания на здоровье населения мегаполиса. Автореф. дисс. д.м.н. М., 2009. 24 с.

(Skalnaya M.G. [Hygienic assessment of the impact of mineral components of the diet and environment on population health in a megalopolis]. Dr Sci thesis abstract. Moscow, 2009 [in Russ]).

Смирнова Г.И., Смирнов И.В. Влияние экологических факторов на формирование респираторных заболеваний и

аллергодерматозов у детей. М.: НПО «Союзмединформ», 1991. 80 с.

(Smirnova G.I., Smirnov I.V. [Effect of environmental factors on the formation of respiratory and allergic diseases in children]. Moscow, 1991 [in Russ]).

Терпугова О.В. Особенности патогенеза эндемического зоба и других тиреопатий в условиях экологического неблагополучия. Автореф дисс к.м.н. Новосибирск, 2002. 23 с.

Terpugova O.V. [Peculiarities of the pathogenesis of endemic goiter and other thyropathies in conditions of ecological trouble]. PhD thesis abstract. Novosibirsk, 2002 [in Russ]).

Туркебаева Л.К., Демидов В.А., Скальный А.В. Особенности элементного статуса детского населения, проживающего в неблагоприятных климатических условиях республики Саха (Якутия). Вестник СПб ГМА им. И.И. Мечникова. 2004. № 1(5). С. 93–98.

(Turkebaeva L.K., Demidov V.A., Skalny A.V. [Peculiarities in element status of the child population living under adverse climatic conditions of the Republic of Sakha (Yakutia)]. Vestnik Sankt-Peterburgskoy Gosudarstvennoy Meditsinskoy Akademii Imeni I.I. Mechnikova. 2004, 1(5):93–98 [in Russ]).

Цатурян С.Я. Влияние факторов окружающей среды на репродуктивную систему девочек и девушек московского мегаполиса. Автореф. дисс. к.м.н. М., 2003. 19 с.

(Tsaturyan S.Ya. [Influence of environmental factors on the reproductive system of girls and young women in the Moscow megalopolis]. PhD thesis abstract. Moscow, 2003 [in Russ]).

Цыган В.Н. (ред.) Патопфизиология обмена веществ: учебное пособие. СПб.: СпецЛит, 2013. 335 с.

Tsygan V.N. (ed.) [Pathophysiology of metabolism: a tutorial]. Saint Petersburg: SpetsLit, 2013 [in Russ]).

Ших Е.В., Ильенко Л.И. Клинико-фармакологические аспекты применения витаминно-минеральных комплексов

в педиатрии: учебное пособие. М.: ИД Медпрактика-М, 2008. 120 с.

Shikh E.V., Il'enko L.I. [Clinical and pharmacological aspects of the use of vitamin and mineral complexes in pediatrics: a tutorial]. Moscow, 2008 [in Russ]).

Яцына И.В., Жадан И.Ю., Винтенко И.В. Анализ структуры дерматологической заболеваемости в условиях неблагоприятной экологической обстановки. Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2012. Т. 11, № 1. С. 101–102.

Yatsyna I.V., Zhadan I.Yu., Vintenko I.V. [The analysis of structure of children's dermatological morbidity in the conditions of adverse ecological situation]. System Analysis and Management in Biomedical Systems. 2012, 11(1):101-102 [in Russ]).

Anke M.K. Essential and toxic effects of macro, trace and ultratrace elements in the nutrition of man. Elements and their compounds in the environment. Occurrence, analysis and biological relevance. 2-nd ed. Eds.: Merian E., Anke M., Ihnat M., Stoepller. Wiley-VCH Verlag GmbH, 2004. P. 343–367.

Bhatnagar S., Natchu U.M. Zinc in child health and disease. Indian J Pediatr. 2004, 71:991–995.

Grabeklis A.R., Skalny A.V., Nechiporenko S.P., Lakarova E.V. Indicator ability of biosubstances in monitoring of moderate occupational exposure to toxic metals. J Tr Elem Med Biol. 2011, 25S:S41-S44.

Mahan L.K., Escott-Stump S. Krause's food and nutrition therapy. 12th ed. Philadelphia etc.: Saunders, 2007. 1376 p.

Selinus O. (ed.) Essentials of medical geology: impacts of the natural environment on public health. Amsterdam etc.: Elsevier, Academic Press, 2005. 793 p.

## CONTENT OF CHEMICAL ELEMENTS IN HAIR OF MOSCOW CHILDREN: RELATION TO ILLNESS (1995-2004)

**A.V. Skalny**<sup>1,2</sup>, **M.G. Skalnaya**<sup>3</sup>, **V.A. Demidov**<sup>3</sup>,  
**A.R. Grabeklis**<sup>1,4</sup>, **E.S. Berezkina**<sup>1,4</sup>, **Yu.N. Lobanova**<sup>3</sup>, **E.P. Serebryansky**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Russian Society for Trace Elements in Medicine, Zemlyanoy Val str. 46, Moscow, 105064, Russia

<sup>2</sup> All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Grina str. 7/1, Moscow, 117216, Russia

<sup>3</sup> ANO Centre for Biotic Medicine, Zemlyanoy Val str. 46, Moscow, 105064, Russia

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

**ABSTRACT.** Children is a special part of population, whose most important feature is susceptibility and sensitivity to adverse environmental factors. In frame of a work on searching biomarkers of the risk of ecologically related diseases, 1500 children of 1–6 years old residing in the Moscow city were investigated. The investigation included an interview with filling of a questionnaire form, medical examination and quantitative determination of 24 chemical elements in hair (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Se, Si, Zn, Al, As, Be, Cd, Hg, Li, Ni, Pb, Sn, Ti, V) by the methods of atomic emission and mass spectrometry with inductively coupled argon plasma (ICP-AES, ICP-MS). It was found that healthy children (health group I) differ from children with health disorders by lower hair levels of toxic chemical elements (Pb, Hg, Cd, As, Al, Sn) and elevated levels of essential chemical elements (Ca, Fe, Mg, Zn). In children of health group II compared with children from the group I a significant decrease in Ca, Fe, Mg accompanied by increased Cd, Pb, as well as Co, K, Na and Se were found. Children of health group III characterized by increased hair content of 50% of the studied elements: Pb, As, Cd, Hg, Al, Sn, Co, K, Se, Mn, Na, Si, on the background of pronounced Fe, Zn deficiency ( $p < 0.01$ ). Further deterioration of health (health group IV) was accompanied by a clear tendency towards the increase of the hair content of Pb, Cd, Hg, Ni, Al, Sn, K, Na, Se, together with the developed zinc deficiency ( $p < 0.01$ ). An in-depth examination of children with chronic diseases showed that the maximum alterations in hair levels of chemical elements are typical of children with secondary immunodeficiency (frequently ill children), atopic dermatitis, bronchial asthma, metabolic diseases (diabetes), whereas the «elemental portrait» of inflammatory diseases of the gastrointestinal tract (chronic gastroduodenitis) and urogenital system (chronic pyelonephritis, cystitis) are not so much different from the average values.

**KEYWORDS:** macroelements, traceelements, children, diseases, hair analysis.