

# ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС УЧАЩИХСЯ КОЛЛЕДЖЕЙ ОРЕНБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

### PECULIARITIES OF HAIR ELEMENTAL PROFILE IN STUDENTS OF ORENBURG STATE UNIVERSITY COLLEGES

**Т.И. Бурцева<sup>1,3\*</sup>, Р.И. Михайлова<sup>2</sup>, А.В. Скальный<sup>1,3</sup>**  
**T.I. Burtseva<sup>1,3</sup>, R.I. Mikhaylova<sup>2</sup>, A.V. Skalny<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup> АНО "Центр Биотической медицины", Москва

<sup>2</sup> НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина РАМН, Москва

<sup>3</sup> Оренбургский государственный университет, Оренбург

<sup>1</sup> ANO "Centre for Biotic Medicine", Moscow, Russia

<sup>2</sup> A.N. Sysin Institute of Human Ecology and Environmental Hygiene, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Orenburg State University, Orenburg, Russia

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** подростки, волосы, макроэлементы, микроэлементы

**KEYWORDS:** teenagers, hair, macro elements, trace elements

**РЕЗЮМЕ:** В результате проведенного исследования у относительно здоровых подростков, учащихся колледжей Оренбургского государственного университета (ОГУ), в возрасте 15-18 лет выявлено наличие распространенных и комбинированных нарушений элементного статуса – пониженное содержание некоторых эссенциальных микроэлементов (йод, селен) и повышенные уровни других микроэлементов (медь, марганец, железо, титан) в волосах. Установлены также четкие половые различия по содержанию в волосах ряда макро- и микроэлементов (у юношей – более высокие уровни калия, натрия, фосфора, у девушек – кальция, магния и меди). Отмечено стабильно более высокое содержание некоторых токсичных элементов (алюминий, кадмий, свинец) в волосах юношей по сравнению со среднероссийскими данными.

**ABSTRACT:** Content of chemical elements in hair was determined in 197 students of Orenburg State University colleges 15-18 years old. High occurrence of complex disturbances in elemental status was found, namely a decreased content of some essential trace elements in hair (iodine, selenium) and increased levels of other ones (copper, manganese, iron, titanium). Distinct sex-dependent differences in content of some chemical elements in hair were established: higher levels of potassium, sodium and phosphorus in males and higher calcium, magnesium and copper in females. Levels of

some toxic elements in males (aluminium, cadmium, lead) were found to be permanently higher as compared with average data from Russia.

#### Введение

В наши дни состояние здоровья детей, подростков, учащейся молодежи вызывает особую тревогу. У школьников, учащихся и студентов все чаще наблюдаются болезни органов пищеварения, психоневрологические отклонения, нарушения зрения. Сегодня более половины школьников – дети с ослабленным здоровьем. Только немногие студенты и учащиеся-первокурсники могут считаться практически здоровыми людьми; в то же время около половины студентов страдают различными хроническими заболеваниями (Нотова, Науменко, 2003).

В связи с этим, актуальной задачей является расширение исследований состояния питания и элементного статуса различных категорий населения (особенно – учащейся молодежи), выработка конкретных рекомендаций и проведение целенаправленных мероприятий для оптимизации структуры питания и восстановления здоровья населения.

В то же время, в центре внимания гигиенистов, экологов и врачей продолжают оставаться вопросы разработки и выбора наиболее информативных и доступных методов оценки состояния здоровья человека, которые были бы применимы в ходе массовых обследований населения, в том числе – детей и подростков (Бацевич, Ясина, 1989; Сагитов и др., 1990; Скальный и др., 2002). Широкое применение многоэлементного анализа волос, отличающегося рядом ценных преимуществ при проведении скринин-

\* Адрес для переписки:

Бурцева Татьяна Ивановна

460352, Оренбург, просп. Победы, 13,

Оренбургский государственный университет, кафедра нутрициологии и биоэлементологии.

говых и индивидуальных исследований, позволило получить много информации об элементном статусе населения различных регионов России (Демидов, 2001; Велданова, 2002; Скальная и др., 2004). Вместе с тем, ввиду сложности трактовки получаемых в ходе этого анализа результатов, до сих пор остаются актуальными дальнейшие усилия по разработке методологии метода, по выяснению роли элементного состава волос как индикатора обменных процессов в организме.

Хронический недостаток в организме эссенциальных биоэлементов сопровождается ухудшением самочувствия, снижением работоспособности, развитием заболеваний, в основе которых лежат гипозлементозы (Авцын и др., 1991). Избыточное содержание в организме токсичных (а иногда – и эссенциальных) микроэлементов также приводит к патологии, обозначаемой как гиперэлементозы. Часто нарушения элементного состава организмов носят сложный характер, касаются сразу нескольких элементов и обозначаются как дисэлементозы (Авцын и др., 1991).

### Материалы и методы

В исследованиях приняли участие учащиеся первых курсов колледжей, проживающие в г. Оренбурге. Всего было обследовано 197 учащихся в возрасте от 15 до 18 лет (86 юношей и 111 девушек). Общее число 15-16-летних учащихся – 107 человек, 17-18-летних – 90 человек. Число обследованных 15-16- и 17-18-летних юношей составило 46 и 40 соответственно. Число обследованных 15-16- и 17-18-летних девушек составило 61 и 50 соответственно.

Для изучения элементного статуса организма учащихся в качестве биосубстратов использовали образцы волос. Определение содержания макро- и микроэлементов в питьевой воде, пищевых продуктах и диагностируемом биосубстрате (волосы) проведено в испытательной лаборатории АНО "Центр биотической медицины" (директор – д.м.н. Скальная М.Г.), аккредитованной при Федеральном центре Госсанэпиднадзора при Министерстве здравоохранения РФ в соответствии с методическими указаниями 4.1.1482-03, 4.1.1483-03, утвержденными МЗ РФ (2003).

Анализ образцов проводили методом ИСП-АЭС на приборе Optima 2000 DV (PerkinElmer) (определение Ca, Mg, P, Zn, K, Na), а также методом ИСП-МС на приборе Elan 9000 (PerkinElmer) (определение Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Si, Sn, Ti, V).

### Результаты и обсуждение

Результаты изучения содержания макроэлементов в волосах обследованных представлены в таблице 1. Эти показатели в норме подвержены значительным колебаниям (см. референтные значения), что отражает влияние большого числа различных факторов на содержание, обмен и скорость выведения каждого элемента из организма. В числе таких факторов – возрастные и половые особенности, сезонные

колебания, характер основной деятельности обследуемых, величина и интенсивность поступления в организм макроэлементов с продуктами питания и водой и т.д.

Как видно из представленных данных, содержание кальция в волосах девушек было достоверно выше, чем у юношей – в среднем в 3,5 раза (причем – в обеих возрастных группах). Эти величины приближались к верхнему уровню границы референтных показателей по Bertram (1992). Возрастных различий (между группами 15-16-летних и 17-18-летних учащихся) по содержанию кальция отмечено не было.

Содержание калия в волосах юношей в обеих возрастных группах было достоверно выше, чем у девушек. При этом показатели содержания калия у девушек приближались к нижним границам референтных значений. Наблюдалась также тенденция к некоторому снижению содержания калия у более старших юношей и девушек. Количество магния в волосах девушек обеих возрастных групп было достоверно более высоким, чем в волосах юношей, причем эти показатели в 2-4 раза превышали референтные значения.

Среднее содержание натрия в волосах юношей втрое превышало этот показатель у девушек; однако, эти показатели находилось в пределах референтных значений.

По абсолютному содержанию фосфора в волосах юноши и девушки различались незначительно (в среднем 141 и 130 мкг/г, соответственно); однако, ввиду того, что индивидуальные колебания в содержании фосфора очень невелики, это различие было достоверным. Была также отмечена тенденция некоторого снижения количества фосфора в волосах с возрастом, что у юношей выразилось в достоверном уменьшении содержания этого макроэлемента в среднем на 10% (с 148 до 133 мкг/г для "младшей" и "старшей" возрастных групп, соответственно). У девушек содержание фосфора снизилось на 8% (в среднем с 135 до 125 мкг/г в "младшей" и "старшей" группе, соответственно).

Таким образом, анализ содержания макроэлементов в волосах учащихся совершенно определенно указывает на существование достоверных половых различий по этим показателям. Так, у юношей по сравнению с девушками было значительно более высоким содержание калия и натрия (в среднем в 4 и 3 раза, соответственно), у девушек по сравнению с юношами было более высоким содержание кальция и магния (в среднем в 3,7 и 3,0 раз, соответственно). Среднее содержание фосфора в волосах юношей было на 8% выше, чем у девушек ( $p < 0.05$ ).

Распределение юношей и девушек по содержанию макроэлементов в волосах также было различным. Так, повышенное содержание кальция отмечалось почти у 90% девушек и лишь у 23% юношей, тогда как пониженный уровень этого элемента отмечен у 13% юношей, тогда как у девушек этого вообще не наблюдалось.

Сходная картина отмечена и в отношении магния: повышенный уровень этого элемента отмечался

Таблица 1. Содержание макроэлементов в волосах учащихся (мкг/г)

Возраст, лет	Юноши n = 86		Девушки n = 111	
	Фактически	референтные значения	фактически	референтные значения
Кальций, Са мкг/г				
15-16	487 ± 40*	363-710 <sup>1</sup>	1881 ± 188*	521-1173 <sup>1</sup>
17-18	508 ± 51*	254-611 <sup>2</sup>	1798 ± 166*	254-611 <sup>2</sup>
все	497 ± 32*	200-2000 <sup>3</sup>	1844 ± 127*	200-2000 <sup>3</sup>
Калий, К мкг/г				
15-16	257 ± 42*	53-663 <sup>2</sup>	71 ± 27*	53-663 <sup>2</sup>
17-18	186 ± 34*	150-663 <sup>3</sup>	41 ± 6*	150-663 <sup>3</sup>
все	225 ± 28*		57 ± 15*	
Магний, Mg мкг/г				
15-16	68 ± 5*	23-51 <sup>1</sup>	217 ± 22*	36-88 <sup>1</sup>
17-18	70 ± 6*	18-56 <sup>2</sup>	213 ± 20*	18-56 <sup>2</sup>
все	69 ± 4*	19-163 <sup>3</sup>	215 ± 15*	19-163 <sup>3</sup>
Натрий, Na мкг/г				
15-16	367 ± 61*	75-562 <sup>2</sup>	128 ± 27*	75-562 <sup>2</sup>
17-18	370 ± 71*		121 ± 14*	
все	369 ± 47*		125 ± 16*	
Фосфор, P мкг/г				
15-16	148 ± 3*,**	140-182 <sup>1</sup>	135 ± 4*,**	139-174 <sup>1</sup>
17-18	133 ± 3**,	118-156 <sup>2</sup>	125 ± 4**,	118-156 <sup>2</sup>
все	141 ± 3*	75-200 <sup>3</sup>	130 ± 4*	75-200 <sup>3</sup>

Здесь и в последующих таблицах результаты представлены в виде  $M \pm m$ .

Значком \* отмечены достоверные ( $p < 0,05$ ) различия изученных показателей между юношами и девушками одного возраста;

Значком \*\* отмечены достоверные ( $p < 0,05$ ) различия между учащимися разных возрастных групп;

Референтные значения: <sup>1</sup> – Скальная и др., 2003; <sup>2</sup> – Скальный, 2004; <sup>3</sup> – Bertram, 1992; <sup>4</sup> – Iyengar, Woittiez, 1988.

у 56 и 94% юношей и девушек соответственно, а нормальный – у 44 и 6% юношей и девушек соответственно.

В отношении распределения в волосах натрия и калия отмечалась противоположная картина. Число юношей и девушек с пониженным содержанием калия составляло соответственно 21 и 81%, а с повышенным – 8 и 2%. Та же тенденция наблюдалась и в отношении натрия: число юношей и девушек с пониженным содержанием этого элемента в волосах составило 14 и 39% соответственно, число юношей с повышенным содержанием натрия – 15%, а девушек – менее 1%.

По уровню фосфора в волосах юноши и девушки различались в меньшей степени, и содержание этого макроэлемента было наиболее стабильным. Интересно отметить, что с возрастом содержание фосфора и калия в волосах обследованных уменьшалось.

Проводимое одновременно с исследованием элементного состава волос изучение среднесуточного рациона учащихся обнаружило существенный дефицит в питании соединений кальция, тогда как дефицита в пищевых продуктах других макроэлементов установлено не было.

Дополнительную характеристику содержания отдельных элементов в биосубстрате можно получить, сравнивая степень "разброса" индивидуальных показателей. Некоторые представления об этом дает величина среднего квадратического отклонения, но более информативным является коэффициент (К), равный отношению ошибки средней арифметической (m) к средней арифметической (M) × 100. В таблице 2 представлены значения К по каждому макроэлементу для каждой возрастной группы обследованных учащихся.

Из представленных в таблице 2 данных очевидно, что наибольшая стабильность по содержанию в биосубстрате присуща фосфору (показатель К был наименьшим для юношей и девушек всех возрастных групп). Достаточно стабильным, хотя и в меньшей мере, является содержание в волосах магния и кальция. Наибольший разброс индивидуальных показателей характерен для натрия и, в особенности, калия; последний показатель характеризовался большей нестабильностью у девушек.

Отмеченные в нашей работе статистически значимые половые различия по содержанию в волосах изученных макроэлементов представляют боль-

Таблица 2. Величина коэффициента К для отдельных макроэлементов

Возраст, лет	Юноши n = 86	Девушки n = 111	Все n = 197 (в среднем)
Кальций, Са			
15-16	8	10	9
17-18	10	9	9
все	6	7	7
Калий, К			
15-16	10	38	24
17-18	15	17	16
все	19	27	23
Магний, Mg			
15-16	5	9	7
17-18	9	9	9
все	6	7	7
Натрий, Na			
15-16	17	21	17
17-18	19	19	19
все	13	13	13
Фосфор, P			
15-16	2	3	3
17-18	3	3	3
все	2	3	3

шой интерес для дальнейшего исследования этого феномена. На существование половых различий было указано А.В. Скальным (2000). Несмотря на различие в абсолютных величинах содержания некоторых макроэлементов (кальций, магний, фосфор), наши результаты совпали (в отношении наличия и направленности половых различий по этим показателям) с полученными ранее данными (Скальная и др., 2003).

Совершенно очевидно, что этот существенный факт необходимо учитывать при разработке любых нормативов (референтных значений) содержания элементов в волосах и других биосубстратах.

Обобщенные результаты изучения содержания эссенциальных микроэлементов в волосах учащихся представлены в таблице 3.

Содержание железа в волосах обследованных юношей находилось в пределах верхних границ референтных значений; у юношей этот показатель был достоверно выше, чем у девушек. Возрастных различий по содержанию железа выявлено не было.

Относительно содержания цинка в исследованиях разных авторов приводятся близкие референтные значения для мужчин и женщин; только Скальная и соавт. (2003) отмечают несколько более высокое содержание цинка в волосах девушек. По нашим данным, содержание цинка в волосах девушек также несколько выше, чем у юношей (в среднем на 5-6%).

Содержание меди было более высоким у девушек,

чем у юношей (в среднем на 27%). Это также соотносится с референтными значениями, приведенными Скальной и соавт. (2003). Возрастные различия (между "младшей" и "старшей" группами обследованных) отсутствовали.

Содержание марганца у девушек младшей группы было в 1,5 раза выше, чем у их сверстников-юношей. Девушки старшей группы "превосходили" своих сверстников по этому показателю в 3,5 раза. При этом, содержание марганца у юношей с возрастом не менялось, а у девушек – увеличивалось.

Содержание селена в волосах юношей и девушек не различалось и, независимо от возраста, было существенно ниже уровня нормы. При этом низкий уровень селена в волосах был отмечен практически у всех обследованных.

Содержание йода в волосах учащихся характеризовалось значительными индивидуальными колебаниями. Большой "разброс" характерен и для приводимых референтных значений – от 0,27 до 4,2 мкг/г (Iyengar, 1988). Половых различий по содержанию этого элемента выявлено не было.

Среднее содержание хрома в волосах юношей и девушек было примерно одинаковым и находилось в пределах референтных значений.

Содержание кобальта у юношей и девушек находилось в пределах нижнего уровня нормы.

Таким образом, юноши и девушки различались по содержанию в волосах ряда изученных эссенциальных микроэлементов (железо, медь, марганец, кобальт); в некоторых случаях можно было отметить и возрастные различия (марганец, медь).

При рассмотрении данных, представленных в таблице 3, обращает внимание прежде всего то, что содержание селена в волосах было снижено практически у всех юношей и девушек. Наблюдалась определенная тенденция и к уменьшению содержания кобальта. В то же время, отмечена тенденция к увеличению содержания меди, особенно выраженная у девушек.

В таблице 4 представлены результаты изучения содержания условно эссенциальных элементов.

Анализ содержания условно эссенциальных элементов в волосах юношей и девушек выявил ряд особенностей. Так, содержание мышьяка в волосах всех учащихся было значительно ниже референтных значений. В то же время уровень мышьяка, лития и никеля у юношей был несколько выше, чем у девушек.

Результаты изучения содержания в волосах токсичных и потенциально токсичных элементов представлены в таблице 5.

При анализе результатов изучения содержания токсичных микроэлементов в волосах учащихся установлено, что содержание алюминия в среднем находилось на уровне верхних границ референтных значений. При этом количество алюминия в волосах юношей было вдвое больше, чем у девушек. Число юношей, у которых содержание алюминия превышало средний уровень, достигало трети обследованных, тогда как у девушек высокое содержание алюминия

Таблица 3. Содержание эссенциальных микроэлементов в волосах учащихся (мкг/г)

Возраст, лет	Юноши n = 86		Девушки n = 111	
	фактически	референтные значения	фактически	референтные значения
Железо, Fe				
15-16	25,0 ± 2,7*	12-25 <sup>1</sup>	15,2 ± 0,8*	10-21 <sup>1</sup>
17-18	21,8 ± 1,9*	13-27 <sup>2</sup>	16,7 ± 1,8*	13-27 <sup>2</sup>
все	23,5 ± 2,3*	5-25 <sup>3</sup>	15,8 ± 0,9*	5,0-25 <sup>3</sup>
Цинк, Zn				
15-16	170 ± 4	151-209 <sup>1</sup>	177 ± 4	172-226 <sup>1</sup>
17-18	160 ± 6	94-183 <sup>2</sup>	170 ± 7	94-183 <sup>2</sup>
все	165 ± 5	100-250 <sup>3</sup>	174 ± 5	100-250 <sup>3</sup>
Медь, Cu				
15-16	11,4 ± 0,3*	8-12 <sup>1</sup>	14,9 ± 1,2*	8,5-14 <sup>1</sup>
17-18	11,7 ± 0,3	8-12 <sup>2</sup>	14,3 ± 1,7	8-12 <sup>2</sup>
все	11,5 ± 0,3*	7,5-8,0 <sup>3</sup>	14,6 ± 1,1*	7,5-8,0 <sup>3</sup>
Марганец, Mn				
15-16	1,02 ± 0,01*	0,32-0,93 <sup>2</sup>	1,54 ± 0,02*	0,32-0,93 <sup>2</sup>
17-18	0,91 ± 0,09	0,1-1,0 <sup>3</sup>	3,61 ± 0,19***	0,1-1,0 <sup>3</sup>
все	0,97 ± 0,06		2,48 ± 0,14*	
Селен, Se мкг/г				
15-16	0,17 ± 0,04	0,65-2,43 <sup>2</sup>	0,13 ± 0,02	0,65-2,43 <sup>2</sup>
17-18	0,16 ± 0,02	0,2-2,5 <sup>3</sup>	0,17 ± 0,02	0,2-2,5 <sup>3</sup>
все	0,16 ± 0,03		0,15 ± 0,01	
Йод, I мкг/г				
15-16	0,72 ± 0,09	0,27-4,2 <sup>4</sup>	1,79 ± 0,58	0,27-4,2 <sup>4</sup>
17-18	1,99 ± 0,71		1,14 ± 0,29	
все	1,29 ± 0,33		1,49 ± 0,35	
Хром, Cr мкг/г				
15-16	0,52 ± 0,4	0,26-0,70 <sup>2</sup>	0,55 ± 0,17	0,26-0,70 <sup>2</sup>
17-18	0,49 ± 0,3	0,1-2,0 <sup>3</sup>	0,38 ± 0,05	0,1-2,0 <sup>3</sup>
все	0,51 ± 0,3		0,47 ± 0,09	
Кобальт, Co мкг/г				
15-16	0,021 ± 0,002*	0,02-0,11 <sup>2</sup>	0,031 ± 0,003*	0,02-0,11 <sup>2</sup>
17-18	0,018 ± 0,001*		0,037 ± 0,006*	
все	0,020 ± 0,001*		0,034 ± 0,003*	

Обозначения: см. Таблица 1

наблюдалось в единичных случаях.

Содержание кадмия в волосах юношей было в 2-4 раза выше, чем у девушек, и в ряде случаев превышало уровень референтных значений.

Среднее содержание ртути в волосах находилось на уровне верхней границы нормальных значений или несколько превышало ее. Обращает внимание на удивление равномерное распределение ртути среди обследованных.

Содержание свинца в волосах юношей в 2-3 раза превышало аналогичный показатель у девушек. Повышенное количество свинца было обнаружено

в волосах всего нескольких девушек, тогда как среди юношей число лиц с повышенным содержанием свинца достигало с средним 17%.

Содержание бериллия и олова находилось в пределах референтных значений, тогда как уровень титана у обследованных учащихся вдвое превышал верхнюю границу референтных показателей.

### Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить ряд интересных фактов и зако-

Таблица 4. Содержание условно эссенциальных микроэлементов в волосах учащихся (мкг/г)

возраст, лет	Юноши n = 86		Девушки n = 111	
	фактически	референтные значения	фактически	референтные значения
Кремний, Si мкг/г				
15-16	56,3 ± 5,1	10-27 <sup>2</sup>	54,3 ± 13,5	10-27 <sup>2</sup>
17-18	45,6 ± 4,5	20-1950 <sup>3</sup>	45,4 ± 3,8	20-1950 <sup>3</sup>
все	51,4 ± 5,7		50,3 ± 7,6	
Литий, Li мкг/г				
15-16	0,04 ± 0,00	0,00-0,04 <sup>2</sup>	0,02 ± 0,00	0,00-0,04 <sup>2</sup>
17-18	0,03 ± 0,00	0,01-0,25 <sup>3</sup>	0,02 ± 0,00	0,01-0,25 <sup>3</sup>
все	0,03 ± 0,00		0,02 ± 0,00	
Никель, Ni мкг/г				
15-16	0,33±0,04	0,15-0,55 <sup>2</sup>	0,68 ± 0,13*	0,15-0,55 <sup>2</sup>
17-18	0,75±0,40	0,1-2,0 <sup>3</sup>	0,63 ± 0,06	0,1-2,0 <sup>3</sup>
все	0,52±0,18		0,66 ± 0,08	
Ванадий, V мкг/г				
15-16	0,14 ± 0,01	0,005-0,5 <sup>3</sup>	0,10 ± 0,01	0,005-0,5 <sup>3</sup>
17-18	0,12 ± 0,01		0,09 ± 0,01	
все	0,13 ± 0,01		0,10 ± 0,01*	
Мышьяк, As мкг/г				
15-16	0,08 ± 0,00	0,00-0,69 <sup>1</sup>	0,04 ± 0,00	0,00-0,69 <sup>1</sup>
17-18	0,09 ± 0,00	0,005-0,10 <sup>2</sup>	0,04± 0,00	0,005-0,10 <sup>2</sup>
все	0,08 ± 0,00	0,05-0,085 <sup>4</sup>	0,04± 0,00*	0,05-0,085 <sup>4</sup>

номерностей.

При определении содержания макроэлементов в волосах были выявлены достоверные половые различия: более высокое содержание кальция и магния характерно для девушек, более высокое содержание калия и натрия – для юношей. Небольшое по величине, но достоверное для всех возрастных групп различие наблюдалось и по содержанию фосфора (несколько более высокий уровень у юношей).

Установлено также, что даже в таком сравнительно небольшом возрастном диапазоне (15-18 лет), содержание макроэлементов в волосах может изменяться (снижение "с возрастом" содержания фосфора у юношей и девушек, тенденция к снижению у тех и других содержания калия).

Необходимо отметить также существенное различие макроэлементов по "стабильности" их содержания в волосах. Так, уровень фосфора является очень устойчивым показателем, содержание кальция и магния – достаточно стабильно, тогда как концентрация натрия и калия подвержена значительным колебаниям.

Эти данные, наряду с возможностью возрастных различий при исследовании даже очень близких по возрасту групп населения, обязательно должны учитываться при трактовке результатов любых исследований содержания биоэлементов в волосах. Бесспорно, имеется и много других факторов, влияющих на величину данного показателя.

ющих на величину данного показателя.

Что же касается высокого абсолютного содержания кальция в волосах обследованных девушек, то подобный факт ранее отмечался А.В. Скальным и др. (2002). Известно также, что в практике многоэлементного анализа наличие повышенного уровня кальция в волосах нередко соотносят с ускоренным выведением этого элемента из организма и трактуют иногда как состояние "преддефицита". Вполне возможно, что полученные нами данные в известной мере отражают эти стороны кальциевого обмена, изученного пока еще в недостаточной степени.

Установленные в нашей работе статистически значимые половые различия по содержанию в волосах всех изученных макроэлементов представляют большой интерес для дальнейшего исследования этого феномена. Впервые на эти различия было указано Скальным (2000). Совершенно очевидно, что выработка нормативов (референтных значений) для показателей содержания макроэлементов в волосах представляет очень непростую и трудоемкую задачу (Сусликов и др., 2001).

При анализе содержания эссенциальных микроэлементов в волосах обследованных учащихся также необходимо отметить ряд выявленных половых различий. В числе их – достоверно более высокое содержание железа в волосах юношей, более высокий уровень меди, марганца и кобальта в волосах у деву-

Таблица 5. Содержание токсичных и потенциально токсичных микроэлементов в волосах учащихся (мкг/г)

Возраст, лет	Юноши n = 86	Девушки n = 111	Референтные значения
Алюминий, Al мкг/г			
15-16	18,91 ± 1,87*	8,75 ± 0,69*	9-23 <sup>2</sup>
17-18	16,99 ± 1,95*	8,88 ± 1*	1,0-10 <sup>3</sup>
все	18,04 ± 1,35*	8,81 ± 0,59*	
Бериллий, Be мкг/г			
15-16	0,01 ± 0	0,01 ± 0	0,00-0,01 <sup>2</sup>
17-18	0,01 ± 0	0,01 ± 0	0,005-0,01 <sup>3</sup>
все	0,01 ± 0	0,01 ± 0	
Кадмий, Cd мкг/г			
15-16	0,28 ± 0,11	0,07 ± 0,03	0,00-0,18 <sup>2</sup>
17-18	0,14 ± 0,04	0,07 ± 0,02	0,05-0,25 <sup>3</sup>
все	0,21 ± 0,06*	0,07 ± 0,02*	
Ртуть, Hg мкг/г			
15-16	0,26 ± 0,04	0,26 ± 0,03	0,05-2,0 <sup>3</sup>
17-18	0,25 ± 0,03	0,27 ± 0,02	
все	0,25 ± 0,03	0,26 ± 0,02	
Свинец, Pb мкг/г			
15-16	2,05 ± 0,35*	0,67 ± 0,12*	0,76-2,73 <sup>2</sup>
17-18	1,31 ± 0,17*	0,72 ± 0,10*	0,1-5,0 <sup>3</sup>
все	1,72 ± 0,21*	0,69 ± 0,08*	
Титан, Ti мкг/г			
15-16	1,94 ± 0,17**	1,98 ± 0,28	0,26-0,84 <sup>2</sup>
17-18	1,44 ± 0,16**	1,69 ± 0,25	
все	1,71 ± 0,16	1,85 ± 0,19	
Олово, Sn мкг/г			
15-16	0,11 ± 0,01	0,13 ± 0,02	0,76-2,73 <sup>2</sup>
17-18	1,31 ± 0,02*	0,16 ± 0,03*	0,1-5,0 <sup>3</sup>
все	0,71 ± 0,02*	0,14 ± 0,02*	

шек. Что касается условно эссенциальных микроэлементов, то у юношей, по сравнению с девушками, во всех возрастных группах отмечалось более высокое содержание лития и мышьяка.

Анализ содержания в волосах токсических и условно токсических микроэлементов выявил достоверно более высокое содержание в волосах юношей алюминия, кадмия и свинца.

Оценивая половые различия в содержании макро- и микроэлементов в волосах учащихся, следует заключить, что любое исследование с использованием многоэлементного анализа изначально требует формирования репрезентативных групп, а сравнение получаемых результатов с любыми нормативами может быть проведено только при условии соответствующего ранжирования хотя бы по полу и возрасту.

Средний уровень содержания того или иного биоэлемента в волосах является важным, но не единственным показателем для формирования заключения

об избытке или недостатке тех или иных элементов. Прежде всего это связано с большим диапазоном "нормальных", референтных показателей. Так, "разброс" нормальных значений для содержания кальция в волосах составляет от 200 до 2000 мкг/г, т.е. в 10 раз (от минимальных до максимальных значений). Что же касается условно эссенциальных микроэлементов, изученных в значительно меньшей степени, то диапазон референтных значений для них еще больше. Так, диапазон референтных значений, приводимых для мышьяка и ванадия, составляет от 0,005 до 0,100 и от 0,005 до 0,500 мкг/г, соответственно (Скальная и др., 2003), т.е., "разброс" составляет 20 и 100 раз соответственно.

Разумеется, значение для организма человека условно эссенциальных, потенциально токсичных и токсичных микроэлементов изучено пока еще совершенно недостаточно, поэтому о каких-либо "нормативах" содержания этих элементов в организме

судить весьма трудно. Тем не менее, эти результаты также указывают на необходимость учета при любых исследованиях половых и возрастных различий, а также и того неизбежного влияния, которое оказывают на биоэлементный состав организма окружающая среда, характер трудовой деятельности и т.д.

При анализе результатов массовых обследований населения, помимо усредненных данных по количественному содержанию биоэлементов в волосах, следует учитывать и другие показатели. Например, нашими исследованиями было установлено достоверное и выраженное снижение среднего содержания селена в волосах учащихся (по сравнению с референтными значениями для этого показателя). А при изучении индивидуальных показателей содержания селена в волосах было выяснено, что уровень селена ни у одного из обследованных не только не был повышенным, но даже не достигал средних, нормальных значений. Другими словами, речь идет о массовом ("тотальном") недостатке этого элемента в организме обследованных. А это, в свою очередь, определяет и характер оздоровительных мероприятий. Так, в данном случае, возможно рекомендовать использование учащимися столовой питьевой воды, обогащенной селеном.

Другим важным показателем, который необходимо учитывать, является "разброс" индивидуальных значений. Так, оценка с помощью введенного нами условного "коэффициента разброса"  $K$  (отношение величины ошибки средней арифметической  $m$  к величине средней арифметической  $M \times 100$ ) показывает, что к наиболее "стабильным" биоэлементам относятся фосфор и цинк. Колебания коэффициента  $K$  для разных по полу и возрасту обследованных групп составили от 2 до 3 и от 2 до 4, соответственно. К примеру, тот же коэффициент  $K$  для железа колебался в пределах от 5,2 до 10,8, для алюминия – от 6,7 до 11,5. Анализ индивидуальных данных и результаты, представленные в таблицах, иллюстрирующих распространность отклонений содержания каждого элемента от нормального уровня, подтверждают информативность коэффициента  $K$ .

Таким образом, при формировании референтных значений, характеризующих содержание эссенциальных и токсичных элементов в биосубстратах (в данном случае – в волосах обследуемых), помимо количественных показателей необходимо учитывать реально существующие половые и возрастные различия. Желательно также оценивать величину разброса показателей для каждого элемента "в норме", т.к. именно эта величина может быть значительно изменена при массовых обследованиях различных контингентов (например, неравномерное накопление металлов-поллютантов у работающих в условиях вредных производств).

## Литература

- Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. 1991. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина. 496 с.
- Бацевич В.А., Ясина О.В. 1989. Медико-антропологические аспекты исследования микроэлементного состава волос // Антропология медицине / под ред. Т. И. Алексеевой. М.: Изд-во МГУ. С.198-221.
- Велданова М.В. 2002. Эколого-физиологическое обоснование системной профилактики коррекции микроэлементозной зубной эндемии у детей в различных регионах России: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М. 35 с.
- Демидов В.А. 2001. Сравнительная эколого-физиологическая характеристика элементного гомеостаза жителей различных регионов Московской области: дис. ... канд. биол. наук. М. 128 с.
- Нотова С.В., Науменко О.А. 2003. Сравнительная характеристика показателей здоровья юношей и девушек, обучающихся в многопрофильном вузе // Труды 1-й Всерос. науч.-практ. конф. «Здоровьесберегающие технологии в образовании». Оренбург: С.79-81.
- Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. 1990. Геохимия окружающей среды. М.: Недра. 335 с.
- Скальная М.Г., Демидов В.А., Скальный А.В. 2003. О пределах физиологического (нормального) содержания Са, Mg, P, Fe, Zn и Cu в волосах человека // Микроэлементы в медицине. Т.4. Вып.2. С.5-10.
- Скальная М.Г., Дубовой Р.М., Скальный А.В. 2004. Химические элементы - микронутриенты как резерв восстановления здоровья жителей России. Оренбург: ОГУ. 239 с.
- Скальный А.В. 2000. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климатогеографических регионов: дисс. ... докт. мед. наук. М. 352 с.
- Скальный А.В. 2004. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Оникс 21 век : Мир. 216 с.
- Скальный А.В., Быков А.Т., Яцык Г.В. 2002. Микроэлементы и здоровье детей. М. 134 с.
- Сусликов В.Л., Толмачёва Н.В., Родионов В.А., Демьянова В.Н. 2001. О критериях оценки обеспеченности организма человека атомовитами // Микроэлементы в медицине. Т.2. Вып.3. С.2-9.
- Bertram H.P. 1992. Spurenelemente. Analytik, Okotoxikologische und medizinischklinische Bedeutung. Munchen: Urban und Schwarzenberg. 207 S.
- Iyengar V., Woittiez J. 1988. Trace elements in human clinical specimens: evaluation of literature data to identify references values // Clin. Chem. Vol.34. No.1. P.474-481.