

АНАЛИЗ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ВОЛОС НА ЛАЗЕРНОМ АНАЛИЗАТОРЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА LEA-S500

В.Копачевский, Л.Боброва, М.Кривошеева, ООО "СОЛ инструментс"
sales@solinstruments.com

Волосы являются хранителем информации о минеральном обмене веществ в человеческом организме в течение всего периода их роста. В статье представлены результаты количественного определения 30 макро- и микроэлементов в человеческих волосах методом LIBS на лазерном анализаторе элементного состава LEA-S500. На основании полученных данных показана возможность применения лазерного анализатора LEA-S500 для изучения состояния элементного баланса в организме человека.

Анализ волос – перспективный инструмент для клинического скрининга и диагностики критически важных микро- и макроэлементов в организме человека. Существуют данные, что результаты с аномальными содержаниями элементов в волосах не совпадают с другими биологическими индикаторами, например кровь, сыворотка крови, моча. [1] Специалисты расходятся во мнении о том, что для постановки диагноза заболевания достаточно провести элементный анализ волос. Трудность заключается в том, что для них очень сложно количественно определить "нормальные" или референтные значения микроэлементов из-за естественной изменчивости состава волос, связанной с их цветом, возрастом человека, его этническим и географическим происхождением, вредными привычками и другими факторами.

Отметим преимущества такого объекта исследования. В то время как моча и кровь, как правило, показывают текущее или недавнее состояние организма, волосы дают информацию о большом временном отрезке. Волосы легче и безопаснее для сбора.

Спектральный анализ волос позволяет провести диагностику нарушений минерального обмена, выявить соотношение необходимых и токсичных микроэлементов в организме человека и определить скрытые причины заболеваний, приобретенные болезни обмена веществ, воздействие токсинов на производстве и в быту, при криминальных отравлениях и т.д. [2, 3].

Для определения содержания жизненно необходимых и токсичных элементов в биосубстратах (волосах) может успешно применяться лазерная атомно-эмиссионная спектрометрия (LIBS). Нами разработана методика количественного определения 30 макро- и микроэлементов в человеческих волосах методом LIBS на лазерном анализаторе элементного состава LEA-S500, который широко используется для прецизионных измерений при исследовании многих объектов окружающей среды и техногенных материалов [5-7].

Для проведения анализа достаточно 50-100 мг волос. Часто волосы сильно загрязнены следами металлов из внешних источников. Потенциальные загрязнители – шампуни, краски для волос, химические завивки. Поэтому перед исследованием образца его тщательно промыва-



Рис.1а. Прядь волос в камере образцов



Рис.1б. Пряди волос после экспонирования, видны площади поражения

ют по стандартной методике в соответствии с требованиями МАГАТЭ [4] и методическими рекомендациями МЗ СССР и ФЦГСЭН МЗ РФ [8]. В этом заключается минимальная пробоподготовка отобранной для анализа пробы. Затем прядь волос склеивают специально подобранным составом. Полученную таким образом пробу помещают в камеру образцов прибора и экспонируют согласно разработанному алгоритму (рис.1а и 1б).

Калибровка прибора, обеспечивается применением международных сертифицированных стандартных образцов NCS DC 73347a и NCS ZC 81002b. Для калибровки прибора можно использовать образцы волос, предварительно многократно проанализированные альтернативными методами, например, ИСП-АЭС или ИСП-МС. Предлагаемый нами метод позволяет получить результаты в течение 10-15 минут. Благодаря экс-

прессности анализа можно изучать динамику поступления элементов за небольшие временные отрезки. Воспроизводимость результатов для разных элементов составляет от 10 до 20 %.

Проведены исследования волос людей разного возраста и пола. Для анализа отбирали прядь волос длиной 3-4 см от корня в зоне телогена (т.е. в стадии покоя, которая длится 100 дней) согласно принятой методике для проведения элементного анализа [4, 8]. Измерения массовых долей выполняли на расстоянии 2,5-3 см в средней части пряди (рис.1а и 1б).

Результаты анализа позволяют сделать вывод, в какой мере массовые доли измеряемых элементов подпадают под референтные "нормальные" диапазоны содержания данных элементов в соответствии с возрастом и полом человека. В табл. 1 и 2 представлены определяемые элементы, минимальные измеряемые массовые

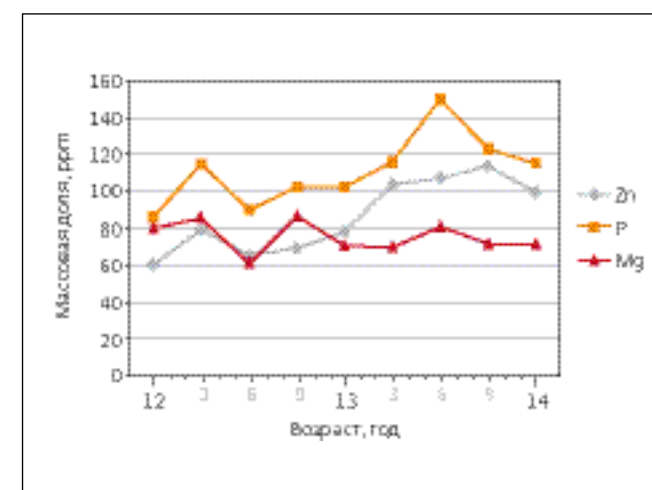


Рис.2. Динамика изменения массовых долей Zn, P, Mg

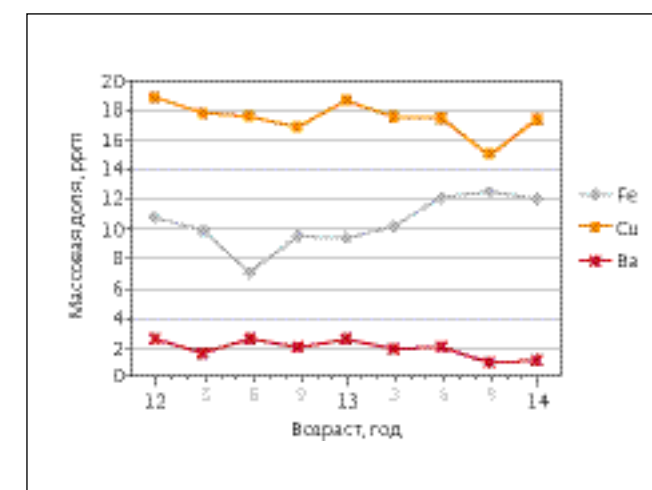


Рис.3. Динамика изменения массовых долей Fe, Cu, Ba

Таблица 1. Массовые доли элементов (ppm) в волосах взрослых разного возраста и пола

Символ	Минимальные измеряемые массовые доли, ppm	Нормы, взрослые, ppm [2,3]	Полученные результаты, ppm						
			Женщины (лет)				Мужчины (лет)		
			Инна, 30	Майя, 40	Галина, 40	Людмила, 55	Александр, 35	Иван, 50	Михаил, 60
Ag	0,05	0,005-0,2	0,15	3,4	0,2	0,05	0,1	0,05	0,045
Al	0,5	1,0-30	8	6	2,5	2	3	2	3
Ba	0,5	0,2-8	10	8	3,5	3	1,7	1,5	3,5
B	1	0,1-3,5	2,4	5,0	0,8	0,6	1	2	9
Be	0,01	0,005-0,1	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ca	1	300-5000	2500	5300	2200	1300	300	300	1000
Co	0,2	0,05-0,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cr	0,2	0,1-2,0	0,6	0,5	<0,2	0,4	0,3	0,2	0,5
Cu	1	7,5-40,0	20	26	27	26	7	12	11
Fe	1	10-100	50	50	22	23	18	24	50
F	10	10-100	10	20	10	25	20	15	31
K	0,1	20-150	100	70	30	50	20	25	60
La	0,15	0-0,1	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Mg	1	20-150	120	160	125	100	50	54	100
Mn	0,2	0,2-3,0	3	2	<0,2	<0,2	0,3	0,2	0,3
Mo	0,1	0,02-2,0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Li	0,01	0,01-0,25	0,04	0,05	0,04	0,02	0,013	0,06	0,02
Na	0,1	30-1000	180	245	300	200	90	90	180
Ni	0,2	0,1-2,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
P	10	70-200	150	240	270	160	110	160	150
Pb	3	0,1-5,0	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Rb	0,1	0,1-2,0	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Si	1	5,0-35	200	240	75	150	70	70	130
Sn	0,2	0,05-1,5	0,2	0,7	0,5	0,4	0,1	0,4	0,8
Sr	0,5	0,5-5,0	8	10	7	5	5	3	5
Ti	1	0,5-5,0	10	15	3	8	9	8	7
V	0,1	0,05-0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Y	1	нет данных	1,1	1,7	<1	1	1	<1	1,1
Zn	10	50-400	150	200	240	120	100	140	85
Zr	1	1,0-5,0	<1	5	1,5	<1	<1	2	1

доли, "референтные" [2,3] массовые доли элементов в волосах для различных возрастных групп и данные (ppm), полученные на лазерном анализаторе LEA-S500 как среднее из 3-х параллельных измерений.

С помощью лазерного анализатора элементного состава LEA-S500 можно проследить временную динамику накопления эссенциальных элементов в волосах с течением времени. Проведены исследования пряди волос 14-летней

Таблица 2. Массовые доли элементов (ppm) в волосах детей разного возраста и пола

Символ	Минимальные измеряемые массовые доли, ppm	Нормы, дети, ppm [2,3]	Полученные результаты, ppm				
			Мальчики (лет)		Девочки (лет)		
			Олег, 8 лет	Саша, 13 лет	Марина, 2,5 года	Ксения, 14 лет	Маша, 9 лет
Ag	0,05	<0,8	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Al	0,5	9,0-23	4	1,5	11	2	4
Ba	0,5	0,5-5,0	2	1	2	5	3,2
B	1	0,5-3,0	2,2	4	1	0,7	2,5
Be	0,01	0,02-0,11	0,01	0,03	0,05	0,01	0,02
Ca	1	250-2000	250	250	1500	3000	2600
Co	0,2	0,1-0,4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cr	0,2	0,2-2,0	<0,2	0,6	0,5	<0,2	0,6
Cu	1	8,0-14	15	12	25	22	20
Fe	1	15-60	32	10	40	18	24
F	10	10-100	25	20	20	30	25
K	0,1	30-600	70	40	56	30	30
La	0,15	нет данных	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Mg	1	20-60	64	34	120	110	125
Mn	0,2	0,3-1,0	0,2	<0,2	0,8	<0,2	0,2
Mo	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Li	0,01	0-0,1	0,02	0,01	0,03	0,015	0,02
Na	0,1	75-600	450	200	120	100	60
Ni	0,2	0,15-1,0	<0,2	0,2	0,3	0,2	0,25
P	10	120-180	190	160	160	190	230
Pb	3	0,7-2,7	<3	<3	<3	<3	<3
Rb	0,1	нет данных	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1
Si	1	10,0-50	47	60	90	100	66
Sn	0,2	до 2,0	0,3	0,2	1	0,2	0,63
Sr	0,5	0,3-5,0	5,6	3	5	6	10
Ti	1	0,2-1,0	4	5	6	2	3
V	0,1	0-0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Y	1	нет данных	1,5	<1	1	1,3	1,2
Zn	10	100-250	70	100	260	200	300
Zr	1	нет данных	0,9	1	<1	<1	0,8

девочки. Волосы росли в течение двух лет. Прядь разбили на участки длиной 3 см, что условно соответствует периоду роста волос три месяца. В каждом намеченном участке произведено по три параллельных измерения, результаты кото-

рых усреднили. Всего сделали 27 измерений и построили диаграммы, отражающие динамику поступления 15 элементов (Zn, Fe, P, Si, Mg, Mn, Ca, Al, Ti, Cu, Sr, Ba, Cr, K, и Na) в течение двух лет (с 12 до 14 лет) с периодичностью 3 месяца.

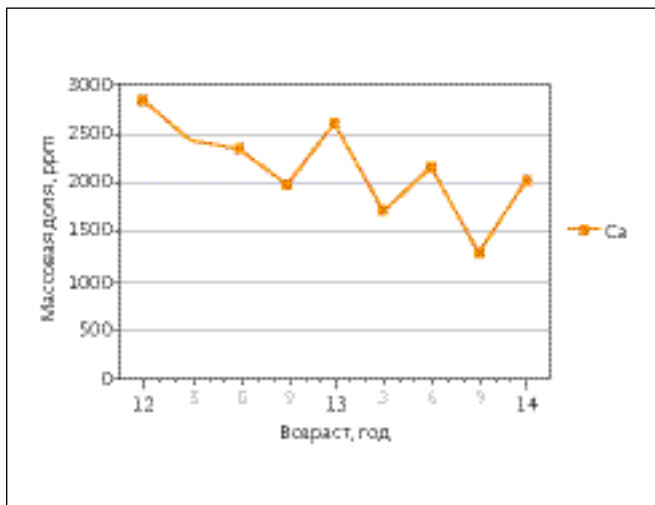


Рис.4. Динамика изменения массовых долей Ca

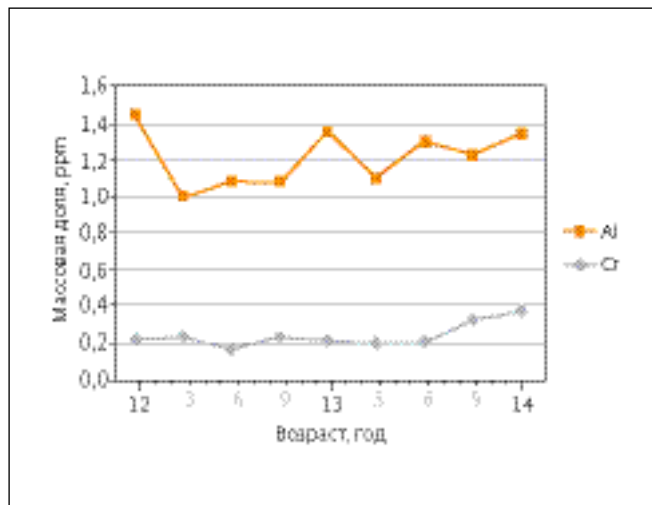


Рис.5. Динамика изменения массовых долей Al, Si

На рис. 2–5 приведена динамика изменения массовых долей 9-ти элементов из 15-ти проанализированных. Видно, что некоторые элементы, такие как цинк, фосфор, железо, хром имели явно выраженную положительную динамику в процессе роста ребенка. Щелочные элементы барий, кальций и магний проявляют небольшую отрицательную динамику. Элементы алюминий и медь относительно стабильны. Разброс точек на графике определяется погрешностью измерения данных элементов.

Полученные результаты демонстрируют уникальную возможность применения лазерного анализатора LEA-S500 для выполнения детальных исследований волос по мере их роста и позволяют судить о состоянии организма, его метаболизме, оценить дефицит жизненно необходимых элементов и вовремя внести необходимые коррективы в режим питания человека, а, при необходимости, провести комплекс лечения.

Преимущества метода:

- нет необходимости озолять образец, т.е. значительно уменьшается время пробоподготовки; сокращено время анализа (в 5–6 раз);
- нет загрязнений от реагентов, материалов сосудов, аппаратуры при кислотном разложении матрицы в открытой системе и неконтролируемых потерь летучих элементов;
- не нужны особо чистые реактивы;
- значительно уменьшена стоимость выполнения анализа.

Метод может с успехом применяться для гигиенической оценки баланса химических

элементов в биосистеме, основанной на изучении регионального микроэлементного паспорта населения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1, Barrett S. Commercial hair analysis: Science or scam. Journal of the American Medical Association. 1985, v.254, p.1041–1045,
- 2, Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. – М.: Издательский дом "Оникс 21 век": Мир, 2004, –216 с.
- 3, Гресь Н.А., Скальный А.В. Биоэлементный статус населения Беларуси. – Минск: Харвест, 2011, 352 с.
- 4, Puchyr R.F., Bass D.A., Gajewski R., et al. Preparation of hair for measurement of elements by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS). Biological Trace Element Research, 1998, v.62, p.167–182.
- 5, Копачевский В.Д., Кривошеева М.А. Применение лазерного анализатора LEA-S500 для анализа химического состава материалов. – Новые огнеупоры, 2007, №9, с.32–35.
- 6, Копачевский В.Д. LEA-S500 – Универсальная мини-лаборатория контроля качества продукции. – "Аналитика", № 2, 2012, с.12–19.
- 7, В. Д. Копачевский, М. А. Кривошеева, Л. А. Боброва, Д. В. Клемято, В. Н. Бойков. Анализ чистых материалов на лазерном анализаторе элементного состава LEA-S500, – "Аналитика", №5, 2012, с.54–62.
- 8, Методические рекомендации МЗ СССР и ФЦГСЭН МЗ РФ, 2003.