

4. Замятина, Ю.Л. Современные проблемы науки и образования / Ю.Л. Замятина. – 2009. – №6. – С. 4.
5. Бязров, Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге / Л.Г. Бязров. – М., 2002.
6. Дейнеко, И.П. Химия растительного сырья / И.П. Дейнеко, И.В. Дейнеко, Л.П. Белов. – 2007. – №1. – С. 19–24.
7. Карякин, А.В. Эмиссионный спектральный анализ объектов биосферы / А.В. Карякин, И.Ф. Грибовская. – М., 1979.
8. Сухов, Л.Т. Лазерный спектральный анализ / Л.Т. Сухов. – Новосибирск, 1990.
9. Патапович, М.П. Вестник БГУ / М.П. Патапович, Ж.И. Булойчик. – Серия 1. – 2009. – №3. – С. 14-17.

УДК 543.062; 543.423.1

Патапович М.П., Третьяк И.Г., Булойчик Ж.И.,  
Докукина Т.В., Зажогин А.П.

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ МЕТОДАМИ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ**

*<sup>1</sup>БГУ, <sup>2</sup>РНПЦ психического здоровья, г. Минск*

*To estimate the concentration of Al, Be, Ca, Cu, Fe, Mg, Li, and Zn in hair samples of children with marked behavioral disturbances or growth retardation and of their mothers, the analytical methods based on multichannel atomic-emission spectrometry have been developed. Also, for investigation of the metal accumulation dynamics in human organism the methods using laser atomic-emission spectrometry have been proposed.*

Детский организм в силу существующих анатомо-физиологических особенностей, в большей мере подвержен риску дисбаланса минералов. Дети более чувствительны к воздействию неблагоприятных экзо- и эндогенных факторов, поэтому, элементный дисбаланс может вызвать значительные изменения в состоянии здоровья детей. Как правило, дисбаланс химических элементов в организме детей одновременно включает избыточное накопление ряда токсичных металлов (Al, Be) и

недостаточное содержание эссенциальных микроэлементов и макроэлементов (Zn, Fe, Ca, Mg, и др.). Поэтому, коррекцию нарушений элементного статуса необходимо проводить с использованием постоянного контроля поступления и накопления элементов [1].

Элементы можно определять в биологических жидкостях: крови, сыворотке, моче, спинно-мозговой жидкости, а также в тканях. Необходимо, однако, заметить, что определение содержания элементов в сыворотке или в крови может не отражать содержания этих элементов в организме в данный момент поскольку действуют механизмы, выравнивающие уровень элементов в крови за счет резервов в тканях, так что, несмотря на кажущуюся нормальную концентрацию в сыворотке, содержание элементов в организме может быть недостаточным. Непосредственное влияние на концентрацию элементов в крови оказывает, например, применяемая в данный момент диета [2, 3].

Наилучшим методом определения количества и содержания элементов в организме является определение их концентрации в волосах. Волосы представляют собой ткань, состоящую из очень устойчивого белка - кератина, который образует слой волоса, устойчивый к действию: внешних факторов, предупреждающий проникновение внешних загрязнений внутрь волоса, а также предотвращает потерю внутренних компонентов. Это обеспечивает постоянство химического состава. Очень легко удаляются с волоса внешние загрязнения, благодаря чему можно получить очень хорошую повторяемость аналитических результатов. По мнению многочисленных авторов, анализ концентраций элементов незначительного содержания в волосах является наилучшим методом оценки минерального состояния организма [3, 4].

Одновременное определение микроконцентраций нескольких элементов может быть выполнено с помощью различных экспрессных инструментальных методов анализа, отличающихся простотой, не требующих большого количества исследуемого материала и обеспечивающих требуемую относительную точность. К таким методам в первую очередь относится атомно-эмиссионный спектральный анализ, который в современном исполнении регистрации спектров (фотодиодные и ПЗС линейки и матрицы) дает возможность одновременного определения до 35 элементов с достаточной чувствительностью и точностью.

Эмиссионная спектроскопия, использующая электрическую дугу, электрический искровой разряд, лазерную искру, – мощное средство,

позволяющее обнаружить до 70 элементов при кратковременном возбуждении нескольких микрограммов анализируемого образца [3-6].

Для интегрального показателя минерального обмена элементов исследованы минерализованные образцы волос.

Для проведения исследований были собраны и проанализированы образцы волос детей с выраженными нарушениями поведения и задержкой развития и их матерей. Минерализацию проб волос проводили методом мокрого озоления. Многоэлементный состав образцов определяли методом атомно-эмиссионной многоканальной спектроскопии с использованием многоканального атомно-эмиссионного спектрометра ЭМАС-200 Д. Возбуждение спектров проводили электрической дугой переменного тока.

Результаты проведенных анализов приведены в таблице 1.

Из сравнения полученных данных с референтными значениями (последняя строка в таблице) [3, 4, 7] видно, что практически для всех исследованных проб наблюдается существенный недостаток кальция, меди и цинка. Особо следует отметить, что в большинстве случаев содержание кальция в волосах детей в несколько раз меньше, чем у матерей. Снижение содержания элементов в волосах отражает недостаток этого макроэлемента в организме. Причиной этого могут быть недостаточное поступления кальция и других элементов с пищей, болезни желчевыводящих путей, болезни поджелудочной железы, нарушение всасывания в тонком кишечнике, низкая физическая активность, дефицит витамина D, накопление в организме стронция, никеля.

Таблица 1 – Содержание элементов в волосах детей (нечетные номера) и их матерей (четные номера), в мкг/100 г

	Al	Mg	Be	Ca	Fe	Cu	Zn	Li
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	317	15781	2,2	1208	1173	58	6000	11,5
2	746	20217	1,9	7098	1246	64	5218	27,3
3	803	23886	0,8	913	1429	227	1284	34,8
4	291	7384	2,1	7549	528	64	1279	17,7
5	492	12694	1,5	283	443	48	2071	2,8
6	582	16055	3,0	3547	1500	378	3931	11,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	1108	13205	3,2	939	1311	52	2678	30,6
8	1056	12504	2,3	9545	1152	70	1527	16,4
9	958	8551	0,5	4888	5036	409	11779	19,7
10	239	12376	2,2	729	1566	67	737	2,8
11	625	12922	0,8	354	1418	127	1585	11,3
12	477	11065	2,0	26720	864	321	2511	3,7
13	634	12174	1,1	858	1850	33	2482	30,7
14	835	18530	3,0	15800	1766	46	3700	12,9
15	1085	13946	2,5	3438	1666	227	3167	3,7
16	576	14361	2,5	8939	1164	97	528	20
17	1722	14738	2,2	1108	1257	44	1074	11,9
18	1388	15184	1,7	14834	1587	493	12442	4,1
19	939	3846	1,3	2609	3966	72	1191	6,1
20	620	31441	1,5	14081	745	72	447	6,4
Нижняя верхняя границы	200 4000	2500 12000		20000 150000	1500 5000	650 1500	12500 25000	5 25

Для оценки динамики накопления металлов в организме необходимым условием является достоверная информация об их поступлении не только в настоящем, но и в прошлом. Для получения данных о поступлении металлов в организм в прошлом необходимо проводить ретроспективный анализ изменения содержания элементов, то есть восстановить историю поступления металлов в организм за длительные интервалы времени.

Для проведения исследований использовался лазерный многоканальный атомно-эмиссионный спектрометр LSS-1. Спектрометр включает в себя в качестве источника возбуждения плазмы двухимпульсный неодимовый лазер с регулируемой энергией и интервалом между импульсами (модель LS2131 DM). Лазер обладает широкими возможностями как для регулировки энергии импульсов (от 10 до 80 мДж), так и временного интервала между импульсами (от 0 до 100 мкс). Лазер может работать с частотой повторения импульсов до 10 Гц и максимальной энергией излучения каждого из сдвоенных импульсов до 80 мДж на длине волны 1064 нм. Длительность импульсов  $\approx 15$  нс. Временной сдвиг между сдвоенными импульса-

ми может изменяться с шагом 1 мкс. Лазерное излучение фокусировалось на образец с помощью ахроматического конденсора с фокусным расстоянием 100 мм. Размер пятна фокусировки примерно 50 мкм. Свечение плазмы собиралось с помощью аналогичного конденсора на переднюю поверхность двух кварцевых волокон диаметром 200 мкм и направлялось на входную щель двух спектрометров типа SDH-1. Регистрация спектра проводилась с помощью ПЗС- линейки TCD 1304 AP (3648 пикселей). Запуск системы регистрация спектра осуществлялась синхронно с приходом второго импульса. Все эксперименты проводились в атмосфере воздуха при нормальном атмосферном давлении.

Для выбора оптимального временного междуимпульсного интервала были зарегистрированы спектры при различных интервалах и проведены оценки влияния междуимпульсного интервала на интенсивность линий магния и кальция. Проведены исследования образцов при различных энергиях лазерных импульсов (30-50 мДж) и временных интервалах между ними (0..20 мкс). В качестве примера на рисунке 1 приведены результаты обработки спектров образцов волос по их длине. Анализировались суммарные результаты действия 20 последовательных лазерных импульсов (энергия 60 мДж, межимпульсный интервал 8 мкс) на точку для натуральных образцов волос, наклеенных на подложку из органического стекла. Натуральные образцы волос исследованы через один см (примерно соответствующий интервалу роста волос в один месяц). Такие исследования помогают диагностировать хронические заболевания до клинических проявлений, проследить изменения метаболизма за определенный период и дать динамическую картину баланса веществ в организме.

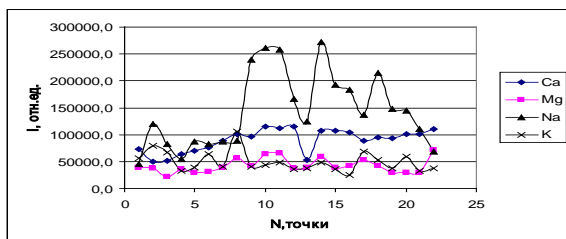
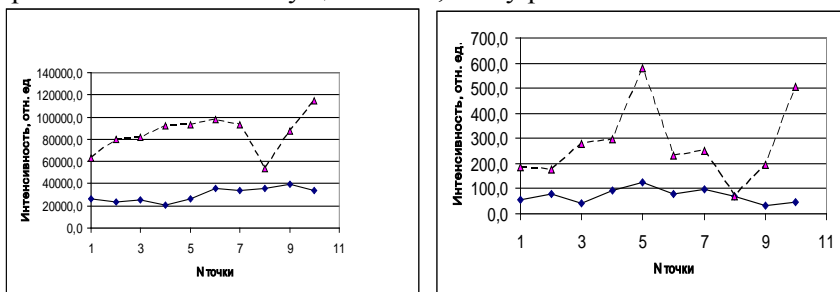


Рис. 1. Интенсивности спектральных линий Ca, Mg, Na и K в последовательных точках по длине волос человека

Анализ волос открывает новые перспективы для решения проблем со здоровьем, потому что выявляет нашу биохимическую индивидуальность. Такой неинвазивный способ получения биоматериала, не связанный с взятием проб крови и травматизацией детей абсолютно безопасен. Интенсивности спектральных линий кальция (а) и магния (б) в последовательных точках по длине для образцов волос ребенка и матери (образцы 1 и 2 из таблицы 1) представлены на рисунке 2. Видно, что интенсивность линий кальция и магния (концентрация) в течение года у матери изменяется более существенно, чем у ребенка.



а б

Рис. 2. Интенсивности спектральных линий кальция (а) и магния (б) в последовательных точках по длине волос для образцов: ребенка; матери

Определив содержание в организме основных микроэлементов, а также таких важных макроэлементов, как калий, кальций, магний, можно искать причину существующего дисбаланса, целенаправленно подбирать биологически активные добавки или препараты, корректировать питание. Важно еще и то, что эффективность проведенной коррекции может быть проконтролирована повторными анализами в реальном масштабе времени (вплоть до нескольких десятков минут).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Медицинские новости. – 2006. – №2. – С. 7-17.
2. Авцын, А.П. Микроэлементозы человека / А.П. Авцын. – М.: Медицина, 1991.
3. Скальный, А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М.: Мир, 2004.
4. Скальный, А.В. Микроэлементозы человека (диагностика и лечение) / А.В. Скальный. – М., 1999.

5. Гладких, Э.А. Микроэлементы в медицине / Э.А. Гладких. – 2003. – №4. – С. 20-24.
6. Сухов, Л.Т. Лазерный спектральный анализ / Л.Т. Сухов. – Новосибирск, 1990.
7. Скальный, А.В. Микроэлементы в медицине / А.В. Скальный. – 2003. – №4. – С. 55-56.

УДК 535.3; 543.423.1; 630.812/813

Патапович М.П., Булойчик Ж.И., Зажогин А.П.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА  
ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ОВОЩЕЙ  
И ПЛОДОВ МЕТАЛЛАМИ МЕТОДОМ  
ЛАЗЕРНОЙ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ  
МНОГОКАНАЛЬНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ**

*БГУ, г. Минск*

*To develop promising express-analysis methods aimed at finding the metal content in plant foodstuffs, the experimental studies have been performed using laser multichannel atomic-emission spectrometry of fresh tomatoes. As demonstrated by the spectroscopic studies of the surface laser plasma formed close to the surface of porous bodies (tomatoes, cucumbers, etc.) under the effect of two sequential pulses with a time interval of 8  $\mu$ s, the content of some macro- and microelements (Cu, Ca, Mg, etc.) may be determined both on the surface and in the bulk with a good sensitivity (comparable to the average content of the elements in these products) without preliminary sample preparation.*

Все возрастающее техногенное загрязнение окружающей среды требует разработки быстрых и надежных методов анализов, которые обеспечивали бы контроль элементного состава пищевых продуктов и вместе с этим могли бы обеспечить защиту от проникновения элементов-токсикантов в организм человека.

Для определения элементов-токсикантов в пищевых продуктах в настоящее время используют весь спектр физических и физико-химических методов анализа. Широко применяемым, в настоящее время, методам контроля – химическому и атомно-абсорбционному анализу свойственен ряд недостатков, таких как трудоемкость