

# КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС И НОГТЕЙ МЕТОДАМИ РФА И ИСП-АЭС

А.Исаева, А.Землянкина, А.Захарова, к.х.н., И.Гринштейн, к.х.н., "Аналит Продактс"  
za@analit-spb.ru

**С**овременная медицина использует широкий спектр диагностических процедур. Наряду со сложными высокотехнологичными и дорогостоящими методами анализа востребованы более простые и наглядные способы оценки состояния человеческого организма. Ведутся разработки методик определения элементного состава различных биоматериалов для изучения элементного баланса в организме человека. В статье предложен комплексный подход: предварительный анализ методом РФА, который позволяет быстро и легко получить информацию о содержании элементов, а затем более точный анализ проб методом ИСП-АЭС. Подобраны оптимальные условия подготовки проб.

Информация об элементном составе ногтей и волос человека позволяет судить как об общем состоянии здоровья, физическом развитии, неврологическом уровне и отравлении токсичными металлами, так и о загрязненности экосистемы проживания [1, 2].

Пути поступления химических элементов в организм разнообразны (рис.1). Основная масса химических элементов попадает с пищей и питьевой водой, меньшие количества – с вдыхаемым воздухом и через кожу. По содержанию в организме элементы делятся на макроэлементы, микроэлементы и ультрамикроэлементы. С точки зрения воздействия на живые системы элементы можно разделить на:

- необходимые (при их недостатке в организме возникают функциональные нарушения, устранимые путем введения элемента);
- инертные (при определенных концентрациях безвредные, они не оказывают влияния на организм);
- терапевтические агенты, например, известно использование соединений ртути против паразитов);
- токсичные (многие металлы при определенных концентрациях) причиняют вред орга-

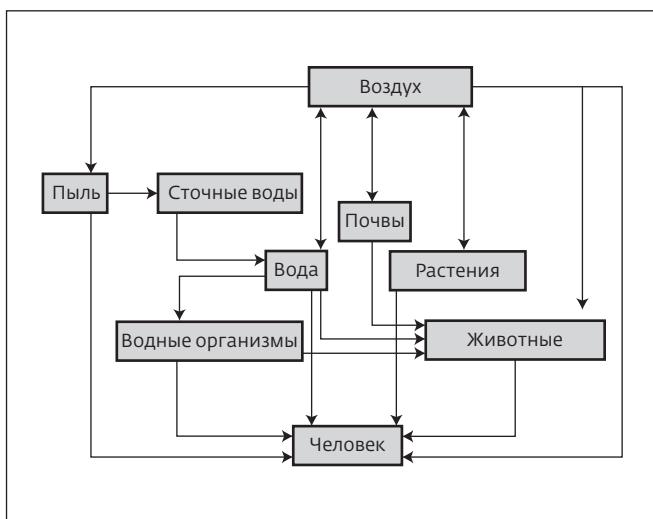
низму, иногда необратимый, что ведет к функциональным нарушениям, деформациям и нередко к смерти [4].

Особенно хорошо известно токсическое действие тяжелых металлов. В зависимости от концентрации и времени контакта один и тот же металл может выступать по одному из перечисленных типов и действовать по-разному, даже в одном и том же организме.

Особенности их токсического действия заключаются во влиянии на живые организмы в качестве общеплазматических ядов и способности к образованию комплексов с компонентами клеток, белков, аминокислот и других радикалов [4]. Воздействие тяжелых металлов на организм заключается в нарушении структуры коллоидных систем, осаждении белков, связывании и блокировании активных центров ферментов.

На сегодняшний день существует много методик по определению содержания различных элементов в таких биопробах как: волосы, ногти, кровь (цельная, а также сыворотка и плазма), моча и т.д.

Оценить содержание элементов в организме человека можно как по результатам анализа



**Пути поступления химических элементов в организм человека [3]**

нескольких типов проб, так и по отдельности. Однако волосы и ногти при таком анализе предпочтительнее, так как обладают рядом преимуществ: доступность, наглядность (имеют свойство накапливать элементы), удобство при хранении и транспортировке.

Немаловажен также и выбор метода анализа. Наиболее распространеными являются методы атомно-абсорбционной спектрофотометрии (как с пламенной атомизацией, так и с электротермической (ЭТАА), атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС), масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) и рентгенофлуоресцентного анализа (РФА).

В работе описан комплексный подход для определения содержания элементов в волосах и ногтях с использованием ИСП-АЭС и РФА.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа проведена на базе испытательной лаборатории "Аналит". Проанализированы пробы волос и ногтей сотрудников компании. Исследования проводили с помощью следующего оборудования: шаровая вибромельница MM301 (Retsh); система микроволнового разложения Multiwave Go (AntonPaar); рентгенофлуоресцентный спектрометр EDX-8000 (Shimadzu); оптический эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой ICPE-9000 (Shimadzu).

Ногти состригали с обеих рук. Пробы волос состригали с затылочной части головы на всю длину в количестве не менее 0,5 г. Полученные образцы обрабатывали этиловым спиртом (для сня-

тия поверхностного загрязнения и обезжиривания) в течение 10–15 мин, затем три раза промывали деионизированной водой. Сушили при комнатной температуре. Храстили в бумажных конвертах. Волосы для анализа измельчали в шаровой вибромельнице в три этапа длительностью две минуты каждый, после первого этапа измельчения в пробы добавляли 0,5 мл этилового спирта.

**Рентгенофлуоресцентный анализ.** Подготовленные волосы помещали в кюветы с полипропиленовым окном и проводили измерения интенсивностей линий характеристического излучения определяемых элементов. Пробы ногтей анализировали напрямую, без предварительного измельчения, в кюветах с полипропиленовым окном.

Содержания элементов рассчитывали по способу фундаментальных параметров, без использования образцов сравнения. Для корректного расчета задавали содержание углерода, азота, кислорода. Массовую долю углерода и азота в волосах и ногтях получили усреднением результатов элементного анализа пяти проб. Она составила ~ 45% углерода и ~ 15% азота в обоих случаях. Водород при расчете не учитывали, массовую долю кислорода рассчитывали по остатку (как разность 100% и суммы массовых долей всех остальных элементов пробы).

С помощью этого метода возможна экспрессная оценка содержаний макроэлементов в пробах, а также хлора и брома.

**Атомно-эмиссионный анализ с индуктивно-связанной плазмой.** Для проведения анализа образцов методом ИСП-АЭС необходимо предварительное разложение. В работе использовали кислотное разложение с использованием микроволновой системы Multiwave GO. Навеску подготовленной пробы отбирали в фторопластовые сосуды, добавляли 5 мл концентрированной азотной кислоты. Сосуды закрывали крышкой и устанавливали следующую температурную программу:

Время нагрева, мин	Температура, °C	Время удерживания, мин
10	125	5
10	150	5

После завершения программы и охлаждения сосудов до комнатной температуры, растворы количественно переносили в полипропиленовую посуду емкостью 10 мл. Доводили до метки деионизированной водой, затем перемешивали. Параллельно готовили раствор холостой пробы с выполнением всех указанных выше операций.

Таблица 1. Результаты определения элементов в двух пробах волос, полученные методами РФА и ИСП-АЭС

Элемент	Содержание, мкг/г				Среднее содержание, со- гласно лит. данным [3, 5], мкг/г	
	проба 1		проба 2			
	РФА	ИСП-АЭС	РФА	ИСП-АЭС		
Сера	38 000	41 000	44 000	44 000	—	
Кальций	3 800	1700	2 200	1 300	254–1619	
Алюминий	71	11	51	6,1	6–23	
Кремний	240	170	240	140	20–1950	
Магний	210	140	220	130	19–163	
Калий	59	45	70	45	30–2000	
Цинк	85	78	120	130	94–320	
Железо	71	56	170	170	3–177	
Медь	36	26	44	29	5–80	
Никель	4	3,1	6	4,1	0,0021–5	
Стронций	4	11	6	8,9	0,25–15	
Барий	<15	0,7	<15	0,5	0,2–1	
Хром	<3	0,3	<3	0,4	0,01–4,1	
Марганец	<7	3,8	<7	3,3	0,2–4,4	
Натрий	<70	28	<70	25	18–1720	
Фосфор	<100	80	<100	90	83–165	
Свинец	<5	4,1	<5	1,3	0,05–5	
Олово	<3	0,4	<3	0,9	0,05–1,5	
Титан	<20	1	<20	1,8	0,048–14	
Серебро	<30	1,8	<30	0,2	0,05–2	

Полученные растворы анализировали на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой посредством распыления анализируемого образца в плазму и последующей регистрацией спектра эмиссии. Качественное содержание элементов в пробе рассчитывали по градуировочной кривой, полученной при регистрации значений интенсивности стандартных растворов ионов элементов.

## ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В качестве примера в табл.1 приведены результаты определения элементов в двух пробах волос, полученные методами РФА и ИСП-АЭС.

Результаты анализа для двух проб ногтей приведены в табл.2.

Таким образом, в работе были подобраны условия для разложения и измерения проб ногтей и волос. По результатам анализа можно сделать следующие выводы:

- по некоторым элементам результаты, полученные двумя методами, хорошо согласуются, например, для серы, магния, цинка, железа, никеля. Для других элементов наблюдаются значительные отличия, которые связаны, в первую очередь, с погрешностью бесстандартного расчета в методе РФА;

# Новейшие разработки — традиционное японское качество

<b>УФ-Вид спектроскопия</b>  ▲ UV-1280	<b>УФ-Вид-БЛИК спектроскопия</b>  ▲ UV-3600 Plus	<b>Жидкостная хроматография</b>  ▲ i-Series
<b>Спекtroфлуориметрия</b>  ▲ RF-6000	<b>ICP-спектроскопия</b>  ▲ ICPE-9800	<b>Энергодисперсионная рентгенофлуоресцентная спектрометрия</b>  ▲ EDX-7000/8000

Оборудование для аналитических исследований и рутинной работы

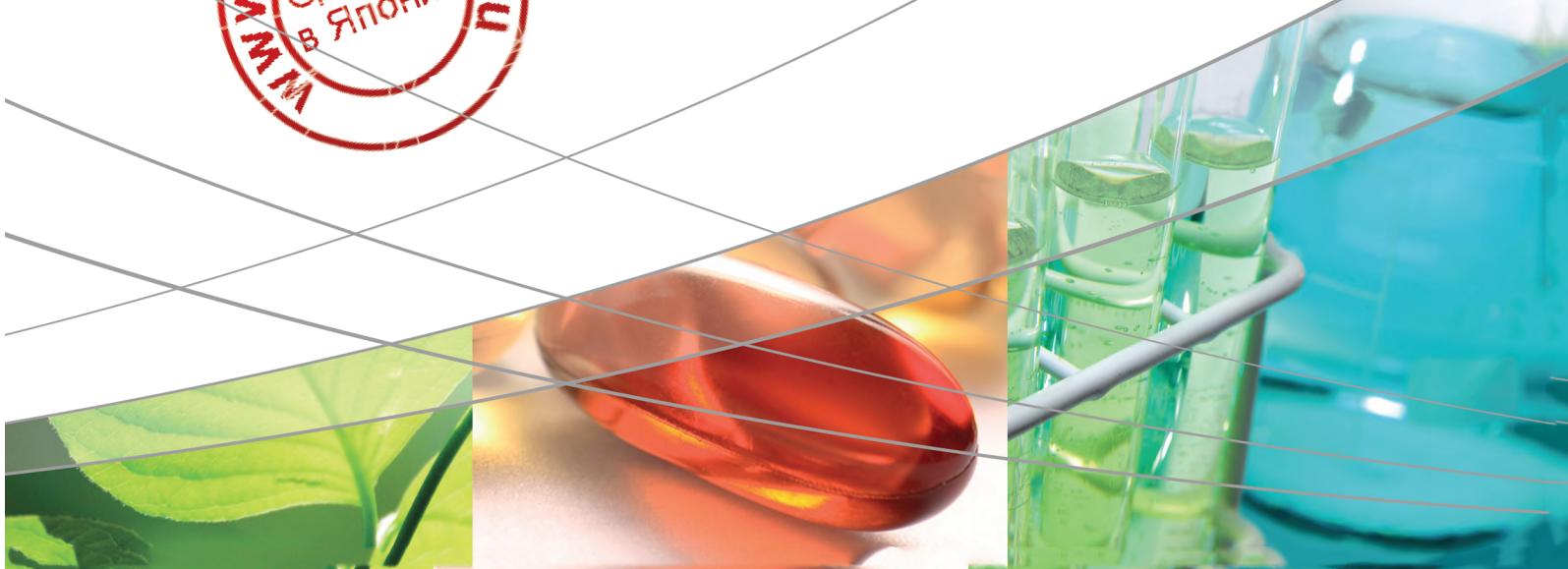


Таблица 2. Результаты определения элементов в двух пробах ногтей, полученные методами РФА и ИСП-АЭС

Элемент	Содержание, мкг/г				Среднее содержание, со- гласно лит. данным [3], мкг/г	
	проба 1		проба 2			
	РФА	ИСП-АЭС	РФА	ИСП-АЭС		
Сера	15 000	16 000	17 000	19 000	—	
Кремний	102	58	115	74	16–105	
Кальций	760	670	540	1100	368–3400	
Алюминий	610	100	570	150	132–927	
Магний	100	52	86	51	16–125	
Цинк	61	120	40	140	73–304	
Калий	600	650	560	640	357–2800	
Железо	25	51	23	70	27–79	
Титан	11	5,4	45	67	0,28	
Медь	4,1	5,4	2,8	5,8	4–20	
Никель	2,5	0,5	4,1	8	0,0033–12	
Барий	<10	0,9	<10	1,9	0–6	
Хром	<3	1,4	<3	1,9	0,06–6,2	
Марганец	<7	0,9	<3	0,9	0,04–2,1	
Натрий	340	81	590	150	332–3010	
Фосфор	<200	170	<200	130	160–190	
Свинец	<10	0,9	<10	2,2	14–40	
Хлор	230	—	300	—	—	
Бром	1,0	—	1,0	—	—	

- предварительный анализ методом РФА позволяет быстро и легко без разложения получить информацию о полуколичественном элементном составе проб;
- с помощью метода ИСП-АЭС возможно провести точное количественное определение макро- и микроэлементов в пробах;
- в проанализированных пробах волос и ногтей сотрудников компании не выявлено аномальных отклонений.

## ЛИТЕРАТУРА

- Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Уланова Т.С. Контроль содержания химических соединений и элементов в биологических средах: руководство. – Пермь: Книжный формат, 2011. 520 с.
- Зайцева И.П. Элементный профиль волос девушки-спортсменок. – Микроэлементы в медицине, 2013, 14 (3), с. 36–39.
- Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Мир. 2004. 216 с.
- Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века. – М. Издательство Российской университета дружбы народов. 2002. 140 с.
- Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО центр биотической медицины). – Микроэлементы в медицине, 2003, 4 (1), с. 55–56.

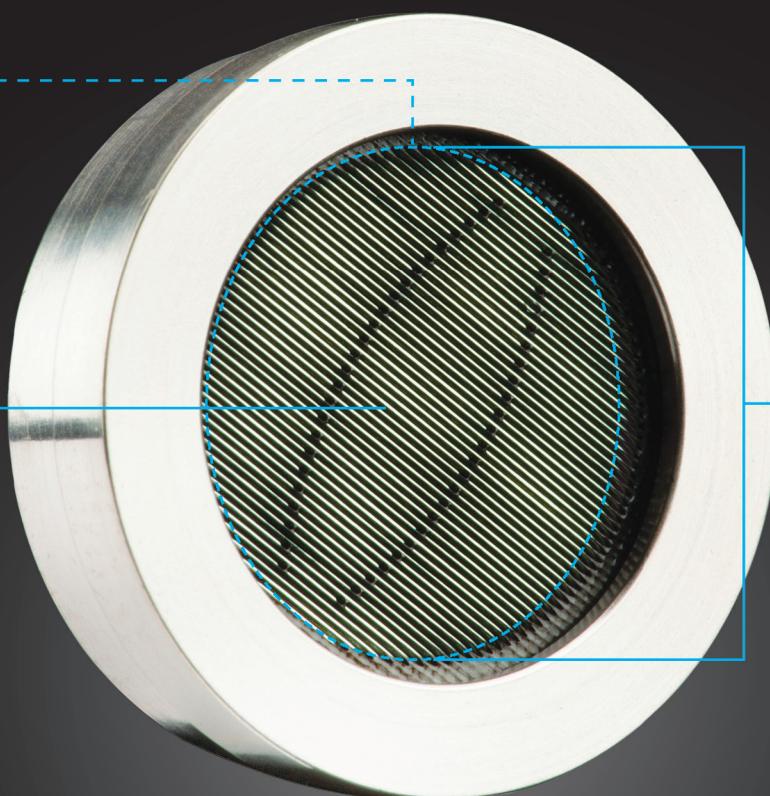
РЕНТГЕНОВСКИЕ ОКНА МОХТЕК®

# СЕРИЯ AP5

Тонкое  
многослойное  
покрытие с  
равномерной  
толщиной

Сверхтонкая  
полимерная  
пленка

Поддерживающий  
углеродный слой



Рентгеновские окна серии AP5 используются преимущественно для регистрации «лёгких» элементов. В сравнении с предшествующей серией AP3, они обладают более высоким допустимым телесным углом захвата излучения и коэффициентом пропускания.

Из особенностей рентгеновских окон AP5 следует выделить:

- Расширенный телесный угол захвата излучения
- Высокий коэффициент пропускания низкоэнергетического рентгеновского излучения
- Механическая прочность
- Высокая герметичность
- Надёжность
- Светонепроницаемость

Более подробную информацию Вы можете найти на сайте [www.moxtek.com](http://www.moxtek.com)