

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПИКОГРАММОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦАХ ВОЛОС ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ ИХ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ

Саркисов Н. С.¹, Зажогин А. П.², Кузнецов Е. А.¹, Патапович М. П.¹

¹УО «Белорусская государственная академия связи», Минск, РБ

²Белорусский государственный университет, Минск, РБ

mpepat@mail.ru

DETERMINATION OF PICOGRAM CONCENTRATIONS OF CHEMICAL ELEMENTS IN HUMAN HAIR SAMPLES USING THEIR LASER ABLATION

The paper notes that the method of atomic emission multichannel spectrometry with dual laser pulses is preferable in the quantitative analysis of biological substrates. It allows to determine picogram concentrations of macro- and microelements when recording spectra. Analysis of the elemental composition of hair provides important information that can help in the diagnosis of physiological disorders. Determining the content of the main macro and microelements can be a good additional indicator to identify the causes of the existing imbalance. The developed techniques can be used for retrospective assessment of the metabolism of vital elements in the human body, which will help speed up the process of diagnostic examination of patients. It is also important that the effectiveness of the correction can be monitored by repeated analyzes in real time, up to several tens of minutes.

Все химические элементы в различной степени и в разные периоды жизненного цикла оказывают на организм большое влияние, так как вступают в соединение с органическими веществами, синтезируемыми живыми клетками. Они влияют на деятельность всех систем организма. При возникновении многих патологий возникает дисбаланс в распределении физиологически значимых макро- и микроэлементов элементов. В связи с этим особое значение приобретает разработка методов ретроспективной оценки накопления и распределения некоторых химических элементов, как в организме человека, так и объектах окружающей среды [1].

Волосы, как никакой другой биологический субстрат, отражают процессы, годами протекающие в человеческом организме, и поэтому могут служить средством диагностики ряда заболеваний, связанных с нарушениями элементного обмена.

Для проведения исследований использовался лазерный многоканальный атомно-эмиссионный спектрометр LSS-1, который предназначен для качественного, полуколичественного и количественного определения состава материалов посредством анализа эмиссионных спектров плазмы, возбуждаемой излучением двухимпульсного Nd:YAG-лазера с активной модуляцией добротности резонатора.

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 ≈ 15 нс. Временной сдвиг между сдвоенными импульсами может изменяться с шагом 1 мкс. Лазерное излучение фокусировалось на образец с помощью ахроматического конденсора с фокусным расстоянием 104 мм. Размер пятна фокусировки составляет примерно 50 мкм.

Прибор позволяет определять более семьдесят химических элементов, проводить математическую обработку результатов анализа [2].

В большинстве случаев зависимость между интенсивностью линии и концентрацией химического элемента устанавливается опытным путем. Для этого применяют эталоны или стандартные образцы, которыми служат пробы, близкие по составу к анализируемым образцам и имеющие заранее известное содержание определяемого элемента. Измеряя интенсивности линий в спектрах эталонов в тех же условиях, в которых исследуются анализируемые пробы, получают значения интенсивности аналитической линии для различных концентраций. По полученным точкам строят градуировочный график и, используя его, определяют концентрацию элементов в исследуемом образце. Поэтому надежность результатов анализа в значительной степени зависит от точно и правильно составленных эталонов.

При работе с таким биообъектом, как волосы, для ретроспективной оценки содержания элементов по длине волос использовались модельные системы, по форме их повторяющие — нити, различные по составу и качеству. На рис. 1 представлен внешний вид образцов нитей и волос. Рисунок демонстрирует выразительную аналогию структур. Если при использовании пористой бумаги постоянна только толщина зоны, то на нити стандартизованы и толщина, и ширина. Можно брать чрезвычайно тонкие объекты и тем самым доводить чувствительность определения до физически возможного предела.

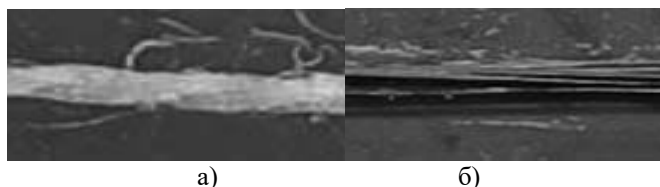


Рисунок.1. Фото образца нити (а) и волос человека (б) до проведения экспериментов

При разработке методик определения количественного содержания элементов по длине волос в качестве модельных систем были опробованы нити различного качества и состава. Их погружали на время, составляющее порядка 20 минут в каждый из серии приготовленных эталонных растворов, содержащих анализируемые элементы. Образцы сушили на тефлоновой поверхности до полного высыхания. Затем нити наклеивали с помощью двухстороннего скотча на поверхность держателя образцов (стеклянная пластинка) и покрывали слоем 1%-ного раствора полистирола в толуоле. Это имитирует сходство с волосами, у которых имеется наружная кератиновая оболочка, обеспечивающая постоянство химического состава.

Был оценен вид пробоя в результате суммарного действия 30-ти последовательных сдвоенных лазерных импульсов в одну точку, как волос, так и нитей. Съемка под микроскопом демонстрирует аналогию пробивания образцов насквозь и их полную идентичность (рис.2).

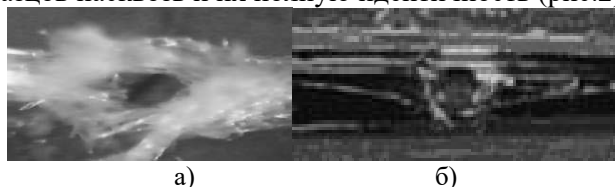


Рисунок.2. Фото исследуемых образцов нити (а) и волос (б) после проведения эксперимента

Были определены интенсивности линий макро- и микроэлементов в последовательных точках по длине нити для различных концентраций элементов в эталонном растворе, а также по длине волос человека. Определение проводили не менее трех раз для каждой концентрации в стандартном образце и рассчитывали среднее значение. В качестве примера на рис.3 приведены интенсивности спектральных линий алюминия и магния по длине волос.

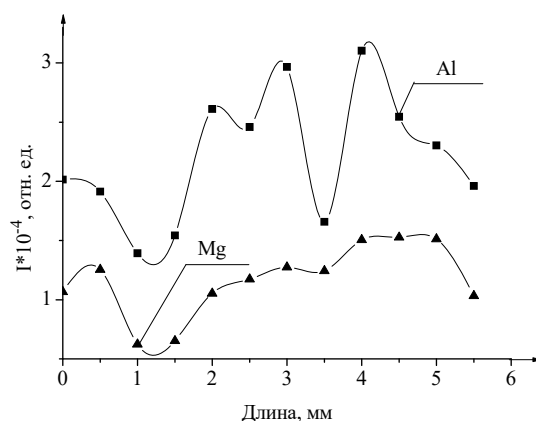


Рисунок 3. Интенсивность спектральных линий алюминия и магния по длине волос человека

Полученные результаты могут быть использованы для построения градуировочных графиков и дальнейшей дифференциальной оценки распределения основных макро- и микроэлементов по длине волос человека. Кроме того, использованный для данного исследования спектрометр может быть применен для послойного анализа многофункциональных покрытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Iyengar V., Woittiez J. // Clin. Chem. 1988. V. 34. №1. P.474.
2. М. П. Патапович, И. Д. Пашковская, Ж. И. Булойчик, Г. Т. Маслова, А. П. Зажогин // Вестн. Бел. гос. ун-та. 2014. Сер. 1. № 3. С.16.