

УДК 533.9.082.5; 621.373.826; 621.793.79

М.П. Патапович<sup>1</sup>, Чинь Нгок Хоанг<sup>1</sup>, И.Д. Пашковская<sup>1</sup>, Лэ Тхи Ким Ань<sup>1</sup>,  
Н.И. Нечипуренко<sup>1</sup>, А.П. Зажогин<sup>1</sup>

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ПОВЫШЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АТОМНО- ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ**

<sup>1</sup> *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030  
Минск, Беларусь*

*Masha\_P@tut.by; zajogin\_an@mail.ru*

Нарушение баланса макро-микроэлементов в организме человека приводит к развитию различных заболеваний. Существуют самые разнообразные причины дисбаланса микро- и макроэлементов в организме. Как правило, дисбаланс химических элементов в организме взрослых и детей включает недостаточное содержание ряда эссенциальных (жизненно необходимых) микро- и макроэлементов (Zn, Cu, Fe, Ca, Mg, и др.) и одновременно избыточное накопление ряда токсичных металлов (Al, Cd, Be и др.) [1].

Концентрация большинства важных для жизнедеятельности организма тяжелых металлов в волосах мала (порядка  $10^{-4}$ - $10^{-3}$  %), прямым методом определять их не удастся [2, 3]. Для количественного анализа элементов проводят минерализацию волос методом мокрого озоления и определяют элементы в высушенных пробах методом атомно-эмиссионной спектроскопии с возбуждением спектров электрической дугой [3].

В настоящей работе с целью повышения чувствительности и расширения возможностей практического использования метода лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии изучено влияние фосфатов К и Na на интенсивность линий ряда эссенциальных тяжелых металлов (меди, железа и цинка) в спектрах.

Для проведения исследований использовался лазерный многоканальный атомно-эмиссионный спектрометр LSS-1

Динамику развития процессов абляции и возбуждения приповерхностной плазмы исследовали при воздействии сдвоенных лазерных импульсов на анализируемую поверхность образцов высушенных капель водного раствора хлоридов меди, цинка, железа и фосфатов калия или натрия. Энергия импульсов излучения - 58 и 42 мДж (первый и второй импульсы, соответственно), временной интервал между сдвоенными импульсами - 8 мкс. Диаметр пятна абляции 50-100 мкм.

Для разработки методики полуколичественного и количественного определения элементов нами использован метод осадочной бумажной хроматографии. Метод позволяет уменьшить размер зоны осаждения элементов, повысить интенсивность линий и в том числе оценить особенности поверхностного распределения макроэлементов.

В качестве осадителей для хлоридов меди, цинка, кальция и железа использовали моно-, ди- и ортофосфаты натрия, поскольку фосфаты тяжелых металлов обладают ограниченной растворимостью и вполне удовлетворяют требованиям осадочной хроматографии [4]. Трехзамещенные фосфаты многовалентных элементов практически не растворяются. Так, произведение растворимости (ПР) для  $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$  равно  $1,26 \cdot 10^{-37}$ ,

$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$  -  $1 \cdot 10^{-31}$  и  $\text{FePO}_4$  -  $1,13 \cdot 10^{-22}$ . Литературные данные по растворимости других фосфатов немногочисленны и весьма противоречивы [4].

Образцы готовились следующим образом. Раствор фосфата натрия (калия) концентрацией 5 % наносили микропипеткой (10 мкл) на поверхность бумажного фильтра диаметром 20 мм и высушивали. Процесс сушки проходил при температуре  $50^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха 30-35 % в течение примерно 5 мин. Затем на поверхность высушенной капли наносили смесь хлоридов металлов с концентрацией 1 % каждого металла и высушивали. После высушивания образцы анализировали по диаметру как описано выше. Результаты проведенных исследований для ортофосфатов меди, цинка и железа приведены на рис. 1.

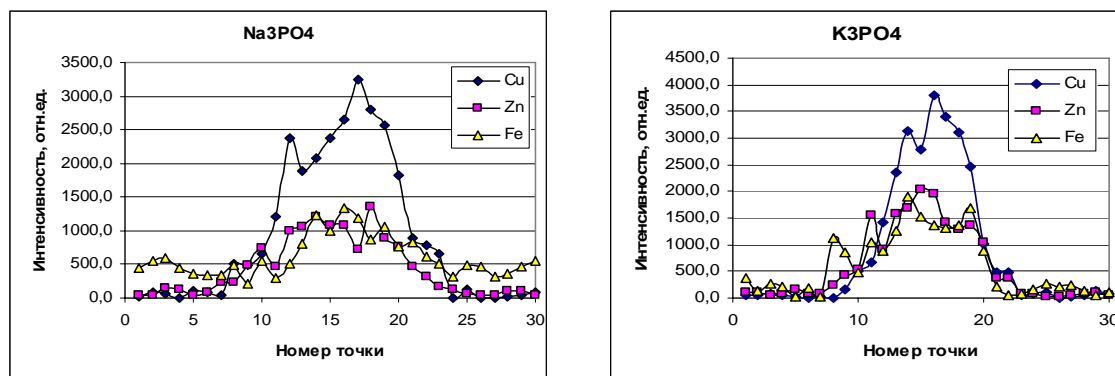


Рис. 1. Интенсивности линий:  $a$  -  $\text{Zn I}$  ( $\lambda=334,5$  нм),  $\text{Cu I}$  ( $\lambda=324,754$  нм),  $\text{Fe I}$  ( $\lambda=384,105$  нм) в спектрах смеси солей по диаметру образца 20 мм для ортофосфатов Na и K

При введении фосфатов концентрация всех элементов в центральной части заметно начинает увеличиваться и наблюдается определенная закономерность пространственного распределения элементов. Особенно это заметно для образца, где в качестве осадителя использовали растворы фосфатов калия (рис. 1). Наблюдаемое отличие, по-видимому, можно объяснить тем, что растворимость фосфатов калия больше, чем фосфатов натрия. Таким образом, исследования показали, что фосфаты калия и натрия позволяют значительно уменьшить размеры зоны распределения тяжелых металлов и тем самым повысить интенсивность линий в спектрах при высыхании капли раствора нанесенной на высохшую каплю фосфата щелочного металла.

- [1] Скальный А.В. // Микроэлементы в медицине. 2003. №4. С. 55-56.
- [2] Гладких Э.А., Полякова Е.В., Шуваева О.В., Бейзель Н.Ф. // Микроэлементы в медицине. 2003. №4. С. 20-24.
- [3] Лихачев С.А., Нечипуренко Н.И., Пашковская И.Д., Булойчик Ж.И. // Актуальные проблемы неврологии и нейрохирургии. /под. ред. С.А. Лихачева. 2009. Вып.12. С.233-239.
- [4] Алексеев, В.Н. Количественный анализ. М.: Химия. 1972. С.65-118.