

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФТОРА МЕТОДОМ МС-ИСП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИАТОМНОГО ИОНА BaF^+

Шатунов Д.Е.¹, Васильева Н.Л.¹, Пупышев А.А.¹

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.

Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: shatunov_dmitriy@inbox.ru

TO STUDY THE POSSIBILITY OF DETERMINING FLUORINE BY THE MS-ISP METHOD USING THE POLYATOMIC ION BaF^+

Shatunov D.E.¹, Vasilyeva N.L.¹, Pupyshev A.A.¹

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Theoretical and experimental studies have been conducted on the possibility of determining fluorine by mass spectrometry using the polyatomic ion BaF^+ .

Метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП) позволяет с очень высокой чувствительностью определять практически все элементы Периодической системы. Трудности возникают при определении фтора из-за его очень высокого первого потенциала ионизации атомов (17,42 эВ). В последнее время появились сообщения [1] о попытках определения фтора методом МС-ИСП с использованием полиатомного иона BaF^+ , образуемого в плазме в присутствии химического агента – Ва. Целью работы было экспериментальное и теоретическое изучение возможности реализации такого анализа.

В обычных операционных условиях анализа методом МС-ИСП (масс-спектрометр ELAN 9000, высокочастотная мощность 1300 Вт, скорость транспортирующего потока аргона $V_{\text{Ar}} = 0,97$ л/мин) измерена интенсивность иона $^{138}\text{BaF}^+$ и мешающих фоновых полиатомных ионов $^{138}\text{Ba}^{18}\text{O}^1\text{H}^+$, $^{138}\text{Ba}^{16}\text{O}^1\text{H}_3^+$ и $^{138}\text{Ba}^{17}\text{O}^2\text{H}^+$, возникающих в плазме при вводе водного аэрозоля проб. Показано, что с увеличением концентрации химического агента Ва (молярное соотношение Ва : F = от 0,007 : 0,053 до 0,728 : 0,053) в анализируемом растворе интенсивность иона $^{138}\text{BaF}^+$ линейно возрастает и несколько превышает суммарную интенсивность фоновых ионов. Это дает возможность определения фтора, но с низкой чувствительностью.

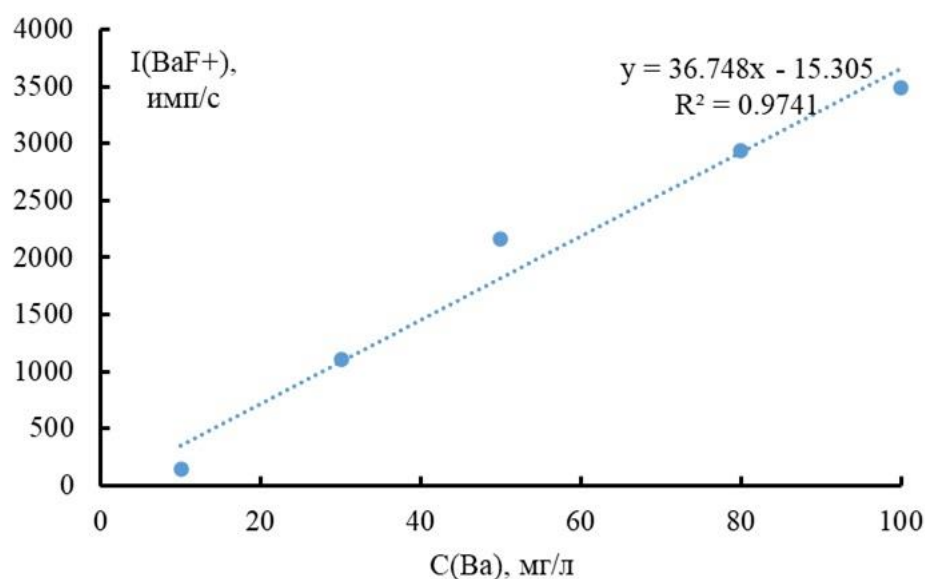


Рис. 1. Рисунок 1 – Зависимость интенсивности полиатомного иона BaF^+ от концентрации бария при концентрации фтора 1 мг/л

Методом термодинамического моделирования [2] изучены условия образования ионов BaF^+ в МС-ИСП (давление 0,1 МПа, диапазон температур 6500–8500 К, $V_{\text{Ar}} = 0,97$ л/мин, скорость подачи аэрозоля 1,5 мл/мин, эффективность распылительной системы 1 %, введение соли бария в виде $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ и фтора в виде NaF). Установлено, что в условиях плазмы концентрация ионов $^{138}\text{BaF}^+$ снижается с ростом температуры и возрастает с увеличением молярного соотношения Ва : Ф. Эффективность образования ионов $^{138}\text{BaF}^+$ в условиях нормальной («горячей») является достаточно низкой и составляет ~0.005 %. Это связано с преимущественным связыванием фтора в плазме разряда в молекулы HF , NaF и их ионы. Согласно результатам моделирования, для повышения чувствительности определения фтора по иону BaF^+ необходимо существенное снижение температуры плазмы за счет уменьшения высокочастотной мощности генератора и повышения V_{Ar} . По-видимому, оптимальными для такого определения фтора могут быть операционные условия «холодной» плазмы (3500-4000 К). Необходимо также экспериментально и теоретически изучить возможность повышения степени связывания фтора в полиатомные ионы с использованием других химических агентов (Al, B, Sr и др.).

1. Moirana R.L., Kivevele T., Mkunda J., Mtei K., Machunda R. // J. of Analyt. Methods in Chemistry. V. 2021, Article ID 8837315.
2. Пупышев А.А., Суриков В.Т. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Образование ионов. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 276 с.