

Э. И. Галева, К. В. Холин, Е. С. Нефедьев

ВОЗМОЖНОСТИ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ

Ключевые слова: атомно-эмиссионная спектрометрия, индуктивно-связанная плазма.

Рассмотрен метод атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и возможные области его применения.

Keywords: atomic emission spectrometry, inductively coupled plasma.

This paper describes the method of inductively coupled plasma atomic emission spectrometry and its possible applications.

На сегодняшний день атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой является самым распространенным высокочувствительным методом качественного и количественного определения элементов примесей в жидких и твердых веществах.

Важным достоинством метода по сравнению с другими оптическими спектральными, а также многими химическими и физико-химическими методами анализа является возможность бесконтактного, экспрессного, одновременного количественного определения большого числа элементов в широком интервале концентраций с высокой точностью при использовании малой массы пробы.

В основе метода лежит измерение интенсивности излучения света, испускаемого на определенных длинах волн атомами, возбужденными индуктивно-связанной аргоновой плазмой. Количественное определение связано с количеством электромагнитного излучения, которое испускается, тогда как качественная информация (какие элементы присутствуют) связана с длиной волны испускаемого излучения [1].

Индуктивно-связанная плазма представляет собой плазменный разряд, возбуждаемый в токе аргона и поддерживаемый воздействием высокочастотного электромагнитного поля на ионизированный аргон. Температура плазмы может достигать 10000 К, что обеспечивает полную атомизацию элементов пробы и минимизирует химические эффекты интерференции. Кроме того, индуктивно-связанная плазма характеризуется высокой стабильностью, низким уровнем шумов и малой величиной фоновой сигнала.

В большинстве случаев объектом исследования АЭС-ИСП являются растворы. Поэтому твердые пробы предварительно растворяют в кислотах. Полученный раствор с помощью перистальтического насоса подается в распылитель, в котором потоком аргона превращается в аэрозоль и затем переносится в плазму, где десольватируется, испаряется, атомизируется и возбуждается или ионизируется плазмой. Возбужденные атомы и ионы испускают характеристическое излучение, это излучение собирается устройством, сортирующим излучение по длинам волн, детектируется и преобразуется в

электронные сигналы, которые преобразуются в информацию по концентрациям.

Стадия пробоподготовки является очень важной в процессе атомно-эмиссионного анализа, так как способ разложения анализируемого объекта влияет на степень перевода определяемых элементов в раствор и соответственно на результат анализа. Наиболее широко применяются методы, основанные на разложении пробы сильными окислителями (кислотами) или их смесей. Современное обеспечение аналитических лабораторий предлагает использовать для этих целей различные микроволновые системы. Применение микроволнового разложения позволяет увеличить эффективность разложения, значительно сократить время разложения и уменьшить расход реактивов. Процесс проводят при высоких температурах в сосудах из фторсодержащих полимеров, способных выдержать давление до 100 атм.

Широкое применение данный метод нашел для анализа исходного минерального сырья, продуктов и отходов производства черной и цветной металлургии [2-5].

Атомно-эмиссионный метод с индуктивно-связанной плазмой используется при анализе различных геологических объектов, изучении последствий влияния деятельности человека на природу путем определения загрязняющих веществ, поступающих в почву и воду с атмосферными выбросами [6-9]. В работе [10, 11] приведены данные по исследованию состава отработанного биогазового субстрата на основе вторичных осадков сточных вод с водоочистного сооружения и промывных вод пивной дробины.

Одной из областей применения метода АЭС-ИСП является фармакология и медицина, например, оценка уровня содержания микроэлементов в организме человека (крови, моче, волосах и т.д.) [12-15].

В последние годы предметом интенсивных исследований стали материалы, содержащие в своей структуре наночастицы переходных металлов. Это обусловлено уникальными свойствами наночастиц, которые сильно отличаются от свойств металлов в объемном состоянии. Нельзя не отметить, что во многих случаях для количественного и

качественного определения примесей в составе нанопорошков используется метод АЭС-ИСП [16-21]. Как и для обычных образцов, при исследовании нанопорошков необходима пробоподготовка, способствующая равномерному поступлению всех атомов пробы в плазму. Если металл, содержащийся в наночастицах, не будет полностью растворен с помощью сильных кислот, то форма частиц может препятствовать поступлению элементов в плазму. Таким образом, анализ не будет полностью выявлен, несмотря на его присутствие в образце, что приведет к неверным результатам измерения. Еще одна особенность, которую необходимо рассмотреть для АЭС-ИСП анализа наночастиц с целью определения химического состава, заключается в выборе длин волн спектральных линий, которые не перекрывали бы друг друга.

Таким образом, метод АЭС-ИСП можно использовать как в работе исследовательских лабораторий, так и во многих областях промышленности для изучения объектов различной природы.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Наноматериалы и нанотехнологии» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы «Исследование и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» по гос. контракту 16.552.11.7060.

Литература

1. М. Томпсон, Д.Н. Уолш, *Руководство по спектрометрическому анализу с индуктивно-связанной плазмой*. Недра, Москва, 1988, 288 с.
2. А.А. Пупышев, Д.А. Данилова, *Аналитика и контроль*, **11**, 2-3, 131-181 (2007)
3. Г.Л. Бухбиндер, В.А. Коротков, М.Н. Арак, Н.П. Шихарева, *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*, **77**, 3, 11-13 (2011)
4. Н.Г. Пелевина, *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*, **8**, 24-26 (2006)
5. Н.Б. Романова, Н.В. Печищева, К.Ю. Шуняев, В.И. Титов, Н.В. Гундобин, Т.Г. Полева, Н.И. Симонова, О.Я. Власова, А.Г. Борзенко, *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*, **79**, 3, 3-7 (2013)
6. О.А. Тютюнник, Е.С. Торопченова, И.В. Кубракова, *Вестник Отделения наук о Земле РАН*, **27**, 1, (2009)
7. Е.В. Шабанова, А.Е. Бусько, О.А. Пройдакова, И.Е. Васильева, *Геология Западного Забайкалья (Улан-Удэ, 2011)*, Изд-во Бурятского ГУ, Улан-Удэ, 2011. С. 134-137
8. И.Е. Васильева, *Современные проблемы геохимии* (Иркутск, 2012), Иркутск, 2012. С. 264-267
9. В. К. Карандашев, А. Н. Туранов, Т. А. Орлова, А. Е. Лежнев, С. В. Носенко, Н. И. Золотарева, И. Р. Москвина, *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*, **73**, 1, 12-22 (2007)
10. К. В. Холин, А. З. Миндубаев, Э. И. Галева, С. Т. Минзанова, А. Д. Волошина, Д. Е. Белостоцкий, В. В. Зобов, В. Ф. Миронов, А. И. Коновалов, Ф. К. Алимова, Е. С. Нефедьев, *Вестник Казанского технологического университета*, **2**, 457-464 (2010)
11. И.И. Фазлиева, С. Т. Минзанова, Ф. Ю. Ахмадуллина, Л. Г. Миронова, К. В. Холин, Р. К. Закиров, *Вестник Казанского технологического университета*, **15**, 235-237 (2012)
12. Le Phuoc Cuong, И. И. Евгеньева, М. И. Евгеньев, *Вестник Казанского технологического университета*, **10**, 71-75 (2010)
13. T. D. B. Lyon, P. Ann Robin, W. S. Watson, D. Littlejohn, *JAAS: J. Anal. Atom. Spectrom.*, **20**, 8, 757-759 (2010)
14. Е.В. Лакарова, А.Р. Грабеклис, А.В. Скальный, *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*, **3**, 60-64 (2011)
15. К.В. Холин, Э. И. Галева, А. Ц. Портная, М. К. Кадилов, Е. С. Нефедьев, *Вестник Казанского технологического университета*, **2**, 4 71-475 (2010)
16. Scheffer, C. Engelhard, M. Sperling, W. Buscher, *Anal. Bioanal. Chem.*, **390** (1), 249-252 (2008)
17. Shouheng Sun, Hao Zeng, *J. Am. Chem. Soc.*, **124** (28), 8204-8205 (2002)
18. Christopher A. Crouse and Andrew R. Barron, *J. Mater. Chem.*, **18**, 4146-4153 (2008)
19. Волченкова В.А., Казенас Е.К., Дергунова Н.Н., Дегтярева А.П., Кряжков И.И., Овчинникова О.А., Пенкина Т.Н., Родионова С.К., Смирнова В.Б., Яшукова В.Н., *Перспективные материалы*, **9**, 12-15 (2010)
20. И.И. Евдокимов, В.Г. Пименов, *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*, **78**, 7, 3-11 (2012)
21. Петрова Е.В., Дресвянников А.Ф., Цыганова М.А., Губайдуллина А.М., Власов В.В., *Вестник Казанского технологического университета*, **5**, 302-310 (2008)