



# М И Р Х И М И И

В.Б. Барановская, Е.С. Кошель

**Дуговой атомно-эмиссионный  
анализ редкоземельных металлов  
и их оксидов**

ТЕХНОСФЕРА  
Москва  
2020



*Издание осуществлено при поддержке  
ООО «ВМК-Оптоэлектроника»*

УДК 543.6  
ББК 24.4  
Б24

**Б24 Барановская В.Б., Кошель Е.С.**

**Дуговой атомно-эмиссионный анализ редкоземельных металлов и их оксидов  
Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2020. – 132 с. ISBN 978-5-94836-595-4**

Редкоземельные металлы имеют стратегическое значение для всех развитых стран мирового сообщества. Без них не обходится современная опто- и радиоэлектроника, приборо- и автомобилестроение, химическая промышленность, металлургия, атомная и альтернативная энергетика. Области применения и цена на редкоземельные материалы напрямую зависят от их чистоты. В связи с этим контроль химического состава – неотъемлемая часть их производства и потребления. В настоящее время актуальным в аналитическом контроле редкоземельных материалов является расширение круга определяемых примесных элементов и увеличение чувствительности анализа.

В настоящей монографии описан методический подход к разработке усовершенствованных методик дугового атомно-эмиссионного анализа редкоземельных металлов и их оксидов, включающих как прямое определение примесных элементов, так и комбинирование инструментального подхода к анализу с предварительным отделением мешающих элементов, их гармонизация с возможностями современной аппаратуры, метрологическим и информационным обеспечением. Эта информация представляет интерес для работников аналитических лабораторий, научно-исследовательских организаций, высших учебных заведений и потребителей редкоземельных металлов и материалов на их основе.

**УДК 543.6  
ББК 24.4**

© Барановская В.Б., Кошель Е.С., 2020

© АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление, 2020

**ISBN 978-5-94836-595-4**

# СОДЕРЖАНИЕ

|   |           |
|---|-----------|
| Введение.....   | 6         |
| <b>Глава 1. Аналитический контроль редкоземельных металлов и их оксидов — актуальность, текущее состояние и направления совершенствования .....</b> | <b>8</b>  |
| 1.1. Общие сведения о редкоземельных металлах .....   | 8         |
| 1.1.1. Химическая характеристика редкоземельных металлов .....  | 8         |
| 1.1.2. Минеральные запасы и производство редкоземельных металлов .....  | 9         |
| 1.1.3. Области применения редкоземельных металлов и их оксидов .....  | 11        |
| 1.1.4. Требования к чистоте редкоземельных металлов и их оксидов .....  | 13        |
| 1.2. Методы аналитического контроля редкоземельных металлов и материалов на их основе .....   | 15        |
| 1.2.1. Современные методы аналитической химии редкоземельных металлов и их оксидов.....   | 15        |
| 1.2.2. Стандартные методы анализа редкоземельных металлов и их оксидов .....  | 26        |
| 1.3. Метод дугового атомно-эмиссионного анализа .....   | 30        |
| 1.3.1. Принципы метода, аналитические возможности и современная аппаратура .....  | 31        |
| 1.3.2. Дуговой атомно-эмиссионный анализ редкоземельных металлов и материалов на их основе — прошлое и настоящее .....                              | 34        |
| <b>Глава 2. Общий методический подход к дуговому атомно-эмиссионному анализу чистых редкоземельных металлов и их оксидов.....</b>                   | <b>40</b> |
| 2.1. Выбор объектов исследования.....   | 40        |
| 2.2. Физико-химические особенности дугового атомно-эмиссионного анализа редкоземельных металлов и их оксидов .....                                  | 40        |
| 2.3. Методические особенности инструментального дугового атомно-эмиссионного анализа редкоземельных металлов и их оксидов .....                     | 44        |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.4. Методические особенности химико-атомно-эмиссионного анализа редкоземельных металлов и их оксидов.....                                      | 45        |
| 2.5. Оценка метрологических характеристик и разработка методик дугового атомно-эмиссионного анализа редкоземельных металлов и их оксидов .....  | 46        |
| <b>Глава 3. Исследование аналитических возможностей дугового атомно-эмиссионного анализа чистых редкоземельных металлов и их оксидов .....</b>  | <b>47</b> |
| 3.1. Используемая аппаратура, реактивы и материалы .....  | 47        |
| 3.1.1. Аппаратура.....  | 47        |
| 3.1.2. Реактивы и материалы .....   | 49        |
| 3.2. Исследование влияния условий проведения анализа и параметров спектрометра на аналитический сигнал .....                                    | 50        |
| 3.2.1. Исследование влияния основы оксидов РЗМ на кинетику испарения примесей .....   | 50        |
| 3.2.2. Исследование влияния графитового порошка на кинетику испарения примесей и интенсивность спектральных линий .....                         | 53        |
| 3.2.3. Исследование влияния различных носителей на кинетику парообразования примесей .....  | 58        |
| 3.2.4. Исследование влияния формы и размера электрода на аналитический сигнал.....  | 63        |
| 3.2.5. Исследование влияния силы тока и режима работы генератора на аналитический сигнал.....   | 65        |
| 3.2.6. Исследование динамики поступления примесей в плазму дугового разряда.....  | 69        |
| 3.2.7. Исследование влияния межэлектродного расстояния на интенсивность аналитических линий примесей .....                                      | 72        |
| 3.2.8. Выбор аналитических линий .....  | 73        |
| 3.3. Оценка пределов обнаружения и определения примесей .....   | 76        |
| <b>Глава 4. Исследование аналитических возможностей дугового химико-атомно-эмиссионного анализа чистых оксидов редкоземельных металлов.....</b> | <b>80</b> |
| 4.1. Характеристика сорбента.....   | 81        |
| 4.2. Условия проведения сорбционного концентрирования .....   | 81        |
| 4.2.1. Зависимость степени извлечения примесных элементов от кислотности раствора.....  | 81        |
| 4.2.2. Кинетика извлечения примесных элементов .....  | 83        |

|  |            |
|--|------------|
| 4.3. Получение сорбционного концентрата для последующего дугового атомно-эмиссионного анализа .....  | 84         |
| 4.4. Выбор условий проведения дугового атомно-эмиссионного анализа сорбционного концентрата .....  | 86         |
| <b>Глава 5. Разработка методик дугового атомно-эмиссионного и химико-атомно-эмиссионного анализа редкоземельных металлов и их оксидов.....</b>   | <b>91</b>  |
| 5.1. Методика прямого атомно-эмиссионного определения примесей в оксидах иттрия, гадолиния, неодима, европия и скандия.....                      | 91         |
| 5.2. Методика химико-атомно-эмиссионного определения примесей .....  | 102        |
| <b>Глава 6. Применение дугового атомно-эмиссионного анализа в контроле качества высокочистых нанодисперсных оксидов европия и гадолиния.....</b> | <b>104</b> |
| 6.1. Применение дугового атомно-эмиссионного анализа для входного контроля исходного сырья.....  | 106        |
| 6.1.1. Качественный дуговой атомно-эмиссионный анализ исходных оксидов европия и гадолиния (идентификация) .....                                 | 106        |
| 6.1.2. Входной контроль исходных оксидов европия и гадолиния .....   | 108        |
| 6.2. Дуговой атомно-эмиссионный анализ оксидов европия и гадолиния на стадии очистки.....  | 109        |
| 6.3. Дуговой атомно-эмиссионный анализ прекурсоров – нитратных солей европия и гадолиния.....  | 111        |
| 6.4. Дуговой атомно-эмиссионный анализ нанодисперсных оксидов европия и гадолиния .....  | 113        |
| <b>Заключение .....</b>  | <b>116</b> |
| <b>Список литературы.....</b>  | <b>117</b> |

Производство книг на заказ  
Издательство «ТЕХНОСФЕРА»  
125319, Москва, а/я 91  
тел.: (495) 234-01-10  
e-mail: [knigi@technosphaera.ru](mailto:knigi@technosphaera.ru)

Реклама в книгах:

- модульная
- статьи

Подробная информация о книгах на сайте  
<http://www.technosphaera.ru>

Барановская Василиса Борисовна  
Кошель Елизавета Сергеевна

## **Дуговой атомно-эмиссионный анализ редкоземельных металлов и их оксидов**

Подписано в печать 15.04.20  
Компьютерная верстка – ИП Автушенко Р.В.  
Дизайн книжных серий – С.Ю. Биричев  
Дизайн – Н.И. Семячкина  
Выпускающий редактор – О.Н. Кулешова  
Ответственный за выпуск – С.А. Орлов

---

Формат 60×90/16  
Гарнитура «Ньютон»  
Печ. л. 8,25. Тираж 300 экз. Зак. № Т-595  
Бумага офсет №1, плотность 80 г/м<sup>2</sup>

---

Издательство «ТЕХНОСФЕРА»  
Москва, ул. Краснопролетарская, д.16, стр. 2

---

Отпечатано в полном соответствии с качеством  
предоставленного электронного оригинал-макета  
в типографии АО «Т 8 Издательские Технологии»  
109316, г. Москва, Волгоградский проспект, д.42