

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

П.В. ПАНКРАТЬЕВ, Г.А. ПОНОМАРЕВА

ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

ФИЗИКО – ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ

Рекомендовано Ученым советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия, для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по геологическим специальностям

Оренбург 2007

УДК 553.08:53/54(075.8)

ББК 30.3в6я73

П 16

Рецензенты

доктор геолого-минералогических наук В.Г. Гацков,

доктор физико-математических наук, профессор, М.Г. Кучеренко

П 16 **Панкратьев П. В.**
Лабораторные методы исследования минерального сырья.
Физико-химические методы исследования: учебное пособие /
П.В. Панкратьев, Г.А. Пономарева. – Оренбург: ГОУ ОГУ,
2007. – 133 с.

ISBN

Учебное пособие написано в соответствии с требованиями образовательной программы ГОСВО – Государственные требования к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников (введены в действие с 27.03.2000 г. Министерства образования Российской Федерации) и предназначено для студентов геологических специальностей высших учебных заведений.

П 1804020200

ББК 30.3в6я73

©Панкратьев П.В.,
Пономарева Г.А., 2007
©ГОУ ОГУ, 2007

ISBN

Содержание

| | |
|---|-----|
| Введение..... | 4 |
| 1 Определение элементного состава..... | 7 |
| 1.1 Атомно-эмиссионный анализ..... | 10 |
| 1.2 Атомно-абсорбционный анализ..... | 18 |
| 1.3 Рентгенофлуоресцентный анализ | 24 |
| 1.4 Масс-спектрометрия..... | 28 |
| 1.5 Нейтронно-активационный анализ..... | 33 |
| 1.6 Вопросы и упражнения | 36 |
| 2 Исследование структур минералов, тонких особенностей их строения и состава..... | 37 |
| 2.1 Рентгеноструктурный анализ..... | 37 |
| 2.2 Электронография..... | 53 |
| 2.3 Электронная микроскопия..... | 60 |
| 2.4 Электронно-зондовый микроанализ..... | 69 |
| 2.5 Термический анализ..... | 82 |
| 2.6 Инфракрасная спектроскопия..... | 93 |
| 2.7 Люминесцентная спектроскопия | 100 |
| 2.8 Радиоспектроскопические исследования..... | 110 |
| 2.9 Ядерный гамма-резонанс (эффект Мессбауэра)..... | 122 |
| 3.0 Вопросы и упражнения..... | 130 |
| Список использованных источников..... | 131 |

Введение

Расширение минерально-сырьевой базы полезных ископаемых неразрывно связано с необходимостью комплексного освоения месторождений, совершенствованием технологии их переработки, детализации состава и строения минералов, пород, руд и продуктов их переработки. Для этого необходимо использовать и совершенствовать методы и подходы аналитических исследований, что особенно важно при геолого-минералогических и технологических исследованиях полезных ископаемых.

Знание целесообразности применения и информативности методов анализа позволит эффективно использовать их при решении конкретных задач, поиске и разведке месторождений полезных ископаемых, а также при детальных минералогических и геохимических исследованиях. Успешное проведение поисково-разведочных работ зависит от разрешающей способности аналитического оборудования, позволяющего оценить качество минерального сырья.

При подготовке данного пособия авторы стремились приблизиться к современному уровню в методах исследования вещества, и принять во внимание относительную значимость отдельных направлений и методов.

В пособии приведены как традиционные методы исследования, так и усовершенствованные, и новые. Кратко дано описание методов и аппаратуры, применяемых для изучения минерального и элементного состава геологических проб и продуктов технологической переработки минерального сырья, а также для исследования различных свойств минералов. Рассмотрены некоторые примеры возможности применения методов.

Рассмотренный арсенал методов позволяет получать необходимые сведения о составе и строении минералов, минеральных агрегатов и других объектов. Кроме определения содержаний петрогенных химических элементов (Si, Al, Ti, Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K, P, S) в валовых пробах минералов и пород широко используются сведения о разнообразных элементах-примесях, содержащихся в породах и минералах в ничтожных количествах. Наиболее распространенные специальные аналитические методы перечислены в таблице 1.

Лабораторные методы исследования руд (диагностическое травление минералов, пленочные реакции, методы прокрашивания и др.) не вошли в данное учебное пособие.

Пособие состоит из двух разделов:

- методы исследования элементного состава минералов, руд и горных пород;
- исследование структур минералов, тонких особенностей их строения и состава.

Таблица 1 – Химические элементы, определяемые разными аналитическими методами, (+) [1], (*) [2]

| Элемент | РФА | НАА | ААС | ИСП-МС | Элемент | РФА | НАА | ААС | ИСП-МС |
|---------|-----|-----|-----|--------|---------|-----|-----|-----|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 Н | | | | | 47 Ag | | + | * | + |
| 2 He | | | | | 48 Cd | | | | + |
| 3 Li | | | + | + | 49 In | | | | |
| 4 Be | | | + | + | 50 Sn | + | + | | |
| 5 B | | | | + | 51 Sb | | | | |
| 6 C | | | | | 52 Te | | | | |
| 7 N | | | | | 53 I | | | | |
| 8 O | | | | | 54 Xe | | | | |
| 9 F | | | | | 55 Cs | + | | | + |
| 10 Ne | | | | | 56 Ba | + | | + | + |
| 11 Na | + | | + | + | 57 La | + | + | | + |
| 12 Mg | + | | + | + | 58 Ce | + | + | | + |
| 13 Al | + | | + | + | 59 Pr | | | | + |
| 14 Si | + | | + | + | 60 Nd | + | + | | + |
| 15 P | + | | + | + | 61 Pm | | | | |
| 16 S | + | | | | 62 Sm | + | + | | + |
| 17 Cl | + | | | | 63 Eu | | + | | + |
| 18 Ar | | | | | 64 Gd | | + | | + |
| 19 K | + | | + | + | 65 Tb | | + | | + |
| 20 Ca | + | | + | + | 66 Dy | | + | | + |
| 21 Sc | + | | | + | 67 Ho | | | | + |
| 22 Ti | + | | + | + | 68 Er | | | | + |
| 23 V | + | | + | + | 69 Tm | | + | | + |
| 24 Cr | + | + | + | + | 70 Yb | | + | | + |
| 25 Mn | + | | + | + | 71 Lu | | + | | + |
| 26 Fe | + | | + | + | 72 Hf | | + | | + |
| 27 Co | + | + | + | + | 73 Ta | | + | | + |
| 28 Ni | + | + | + | + | 74 W | | | | |
| 29 Cu | + | | + | + | 75 Re | | + | | |
| 30 Zn | + | | + | + | 76 Os | * | + | * | + |
| 31 Ga | + | | | + | 77 Ir | * | + | * | * |
| 32 Ge | + | | | + | 78 Pt | * | + | * | * |
| 33 As | + | | | + | 79 Au | * | + | * | * |
| 34 Se | | | | + | 80 Hg | | | | |
| 35 Br | | | | + | 81 Tl | | | | |
| 36 Kr | | | | | 82 Pb | + | | + | + |
| 37 Rb | + | | + | + | 83 Bi | | | | |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|---|---|---|---|-------|---|---|---|----|
| 38 Sr | + | | + | + | 84 Po | | | | |
| 39 Y | + | | | + | 85 At | | | | |
| 40 Zr | + | | | + | 86 Rn | | | | |
| 41 Nb | + | | | + | 87 Fr | | | | |
| 42 Mo | | | | + | 88 Ra | | | | |
| 43 Tc | | | | | 89 Ac | | | | |
| 44 Ru | * | + | * | + | 90 Th | + | + | | + |
| 45 Rh | * | * | * | + | 91 Pa | | | | |
| 46 Pd | * | + | * | + | 92 U | | | | |

Примечание - Виды анализа: РФА – рентгенофлуоресцентный, НАА – нейтронно-активационный анализ, ААС – атомно-абсорбционный спектрометрический, ИСП – МС – индуктивно-связанной плазмы масс спектрометрический

Все разделы пособия написаны по единому плану, включающему теоретические основы метода в объеме достаточном для понимания сущности метода, характеристику применяемой современной аппаратуры, предъявляемые к ним метрологические требования, примеры решения конкретных практических задач, а также вопросы и упражнения в конце разделов.

Список литературы охватывает только основные фундаментальные и обобщающие работы, опубликованные в последние годы. Рисунки, фотографии и другие графические материалы взяты из источников, приведенных в списке литературы.

Введение, подразделы 2.2 – 2.7 и 2.10 написаны профессором П.В. Панкратьевым, разделы 1.1 – 1.6, 2.1, 2.8, 2.9 написаны заведующим лабораторией физических методов исследования геологических объектов Г.А. Пономаревой.

Авторы выражают благодарность заведующему кафедрой радиофизики ОГУ, доктору физико-математических наук, профессору М.Г. Кучеренко и исполнительному директору ООО КНИиВЦ «Геоэкология», доктору геолого-минералогических наук В.Г. Гацкову за обстоятельное рецензирование рукописи.

Для студентов геологических специальностей, геологов, минералогов, технологов и работников аналитических лабораторий, геологоразведочных организаций.

Авторы