

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ФИЦ КНЦ РАН)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

По дисциплине Б1.В.ДВ.03.01 Специальные методы исследования свойств
рудных минералов
указывается цикл (раздел) ОП, к которому относится дисциплина, название дисциплины

Для направления подготовки (специальности) 05.04.01 Геология
код и наименование направления подготовки (специальности)

Направленность программы (профиль) Прикладная геохимия, минералогия и петрология
наименование профиля /специализаций/образовательной программы

Квалификация выпускника, уровень подготовки магистр
(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО)

Апатиты

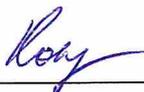
2020

Лист согласования

1 Разработчик:

доцент
должность

УАиМ



подпись

А.А. Компанченко
И.О. Фамилия

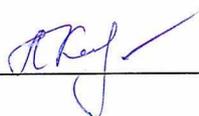
2. Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании учебно-методической комиссии управления аспирантуры и магистратуры 29 июня 2020 года, протокол № 02.

Председатель УМК УАиМ

29.06.2020

дата

подпись



Л.Д. Кириллова

И.О.Фамилия

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1. Методические указания составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта по образовательной программе высшего образования – программе магистратуры по направлению подготовки 05.04.01 Геология, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28.08.2015 г. № 912.

Настоящие методические указания включают рекомендации к выполнению лабораторных работ и список рекомендуемой литературы.

Цель дисциплины: развитие у студентов навыков анализа физических свойств минералов микроскопическими методами в отраженном свете с помощью специальных приемов, способных объяснить проявление различных природных процессов в структуре минералов.

Задачи дисциплины: получение более глубоких представлений о свойствах минералов - двойниковании, анизотропии, микротвердости, магнитности.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- методы электронно-микроскопического анализа;
- основы кристаллохимии;
- основы магнетизма и доменной структуры вещества;
- строение кристаллического вещества;
- основные механические свойства минералов;
- методы изучения магнитности, микротвердости и анизотропии;

Уметь:

- измерять микротвердость минералов;
- готовить образцы минералов для электронно-микроскопических исследований;
- исследовать доменную структуру;
- определять типы деформаций и последовательность их развития.

Владеть: навыками анализа физических свойств минералов микроскопическими методами в отраженном свете с помощью специальных приемов

Перечень дисциплин и их разделов, усвоение которых необходимо студентам для изучения данной дисциплины.

Минералогия
Петрография
Кристаллография
Минераграфия

Рекомендации к выполнению лабораторных работ

Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Количество часов	Наименование темы по табл. 4
1.	Приготовление искусственных препаратов для оптических исследований микрочастиц в отраженном свете и электронно-микроскопического анализа	6	1-3
2.	Определение типов деформаций в рудных минералах оптическим методом	8	4
3.	Определение неоднородности механических свойств в рудных минералах методом измерения площадной твердости минерала	6	5
4.	Исследование доменной структуры пирротина и магнетита в аншлифах методом магнитной порошкографии.	8	6
Итого часов		28	

Лабораторное занятие № 1.

Тема: «Приготовление искусственных препаратов для оптических исследований микрочастиц в отраженном свете и электронно-микроскопическом анализе» 6ч.

Цель: Освоение методов приготовления препаратов для изучения минерального состава сыпучих природных материалов и технологических продуктов.

Задачи: Ознакомление на практике с методами шлифовки и полировки минералов и горных пород и методикой исследования минералов в искусственных полированных шлифах.

Ход выполнения задания.

Студенты получают порошки измельченных руд и смешивают их с эпоксидным клеем. Подготовленные смеси помещают в специальные кюветы для затвердевания. После затвердевания смеси порошка с эпоксидным клеем в кювете препарат обрабатывается по методике, описанной в учебном пособии (Нерадовский, 2009). Результатом выполнения задания считается качественно выполненная полировка препарата для изучения его в отраженном свете.

В период лабораторных работ студенты изучают в отраженном свете изготовленные препараты и устанавливают минеральный состав порошков

запечатанных в клей. При этом используются стандартные методики анализа оптических свойств рудных минералов.

Наиболее сложные минеральные фазы исследуются на электронном микроскопе. Для этого препарат подготавливается в соответствии с требованием электронно-микроскопических методов (Дж. Гоулдстейн, Х. Яковиц, 1978).

В результате лабораторной работы студенты знакомятся с формами зерен минералов и зависимостью их от структуры минералов.

Лабораторное занятие №2.

Тема: «Определение типов деформаций в рудных минералах оптическим методом» 8ч.

Основные вопросы для освоения:

Упругие и пластические деформации, трансляции в минералах, хрупкое разрушение. Приемы наблюдения за деформациями и изучение неоднородности механических свойств в рудных минералах.

Цель работы: Исследование пластических деформаций рудных минералов с помощью анизотропии на примере сульфидных медно-никелевых руд.

Ход выполнения задания.

Студенты получают готовые аншлифы сульфидных руд и путем тщательного изучения на микроскопах в отраженном свете устанавливают и доказывают наличие в минералах пластических деформаций и последовательность их развития. Работа выполняется по оригинальной методике, разработанной для печенгских руд (Нерадовский, 1974).

В полированных шлифах на основании явлений анизотропии наблюдают различные деформации в кристаллических зернах пирротина, обусловленные воздействием ориентированного давления. Задача студентов определить четыре типа деформаций и связанных с ними последствий.

1) Тонкое полисинтетическое двойникование вдоль базальной отдельности, параллельной (0001) пирротина. Возникновение двойников связано с начальным этапом деформации руды и происходит параллельно плоскости простираения рудных тел. В зернах пирротина с этим типом двойников наблюдается тонкое чередование одновременно гаснущих и просветляющихся пластинок, подобно полевым шпатам. Сущность деформации заключается в смещении отдельных блоков кристаллической решетки пирротина без перемещения отдельных двойниковых пластинок. Аналоги простых деформаций со сдвигом по базальной плоскости описаны в работе (Baeyer, Siemes, 1971).

2) Простое блокование. В зернах, подверженных этому типу двойникования, наблюдается волнистое или блоковое угасание и просветление пирротина. При этом в отдельных блоках часто сохраняется тонкопластинчатая структура, а удлинение блоков перпендикулярно плоскостям пластинчатых двойников. При деформации простым блокованием обычно хорошо видны следы перемещения отдельных блоков

относительно друг друга. Они выражаются либо в усложнении границ зерна, либо непосредственно в рельефе зерна при полировке обычным способом. Развитие простых двойников свидетельствует об усилении ориентированного давления.

Особенно наглядные примеры блокового двойникования можно наблюдать в деформированных пластинчатых кристаллах пирротина. В таких кристаллах обнаруживаются одновременно полисинтетические двойники вдоль базальной плоскости и блоковые двойники клиновидной формы, удлинение которых перпендикулярно пластинчатым двойникам. На участке развития клиновидных блоковых двойников наблюдается обычно утолщение кристалла и появляется пирит. Сущность блокования в общем виде изложена в работе Д.П.Григорьева (1958).

3) Сложное блокование с преобладанием трансляционного скольжения. Зерна пирротина с линзовидными, клиновидными и подобными блоками, выстраивающимися в цепочки вдоль одного направления, характеризуют участки рудных тел с сильными тектоническими подвижками. Деформации руды в таких местах фиксируются «структурами течения», описанными в справочниках текстур и структур руд. В этих участках происходит переориентировка агрегатов минералов и растаскивание частей раздробленных зерен хрупких минералов. Пирротин не обнаруживает хрупких деформаций. Сплошность минерала не нарушается, но зерна претерпевают значительные изменения. Наблюдается перемещение блоков одного зерна относительно друг друга и перемещение их за пределы одного зерна в другое. Происходит смещение блоков разных кристаллов за счет трансляционного скольжения по плоскостям 0001 и $10\bar{1}0$. Пластические деформации с преобладанием трансляционного скольжения даны в трактовке (Юшкин, 1971).

4) Перекристаллизация. В аншлифах руды с выраженными «структурами течения» наблюдается мелкозернистый агрегат зерен пирротина, состоящий из пластинчатых и линзообразных субпараллельно ориентированных зерен пирротина, среди которых наблюдаются изометрические однородные зерна перекристаллизованного пирротина, не содержащего вростков пентландита. Появление подобных зерен свидетельствует о кристаллизации пирротина за счет переотложения микрокристаллов путем собирательной перекристаллизации. Вывод об «очищении» пирротина от примеси никеля при перекристаллизации под воздействием ориентированного давления сделан Г.И.Горбуновым (1968). Основы данного процесса рассмотрены в работах Д.П.Григорьева (1961), Д.П.Григорьева, А.Г.Жабина (1975).

Лабораторное занятие №3

Тема: «Определение неоднородности механических свойств в рудных минералах методом измерения площадной твердости минерала» 8 часов.

Основные вопросы для освоения:

- ✓ Современные методы определения твердости.
- ✓ Природа твердости и связь с другими свойствами кристаллов.

- ✓ Анализ напряженного состояния минерала под индентором при вдавливании алмазной пирамиды, исследование площадной твердости минерала.

Цель работы: Исследование неоднородности твердости пирротина в полированном препарате методом МПТ-3.

Ход выполнения задания.

Студенты получают готовые аншлифы различных минералов. С помощью оптических микроскопов исследуют образцы в отраженном свете. Определяют размеры зерен минералов и выбирают для исследования зерна размером не менее 0,5 мм.

Настраивают микроскоп микротвердометр ПМТ-3 для прецизионного измерения микротвердости (Инструкция).

1) Задание 3-1. Определение содержания примеси железа в сфалерите по данным измерения твердости.

Для выполнения задания выбирается приполированный образец сфалерита из эталонной коллекции. Производится тщательная зачистка образца. Под микроскопом ПОЛАМ или МИН-9 изучается поверхность аншлифа и выбирается поверхность сфалерита без дефектов. С помощью ПМТ-3 производится измерение микротвердости по методике С.И.Лебедевой (1963;1977). Получают 5 значений микротвердости сфалерита, из которых рассчитывается среднее значение. По диаграмме зависимости твердости от состава (Методы минералогических исследований, 1985, с. 109) определяется содержание железа в сфалерите.

2) Задание 3-2. Изучение вариации твердости в кристалле пирротина.

Для выполнения задания изучаются аншлифы с пирротином. На основании анизотропии выбирается крупное мономинеральное зерно без дефектов и вростков других минералов. В выбранном зерне намечается профиль длиной не менее 0,6 мм. По выбранному профилю от края зерна производится измерение микротвердости в 20 точках через интервал около 30 мкм.

В каждой измеренной точке рассчитывается микротвердость пирротина.

На основании полученных данных строится гистограмма изменения микротвердости по профилю.

Результаты измерения микротвердости анализируются. На основании анализа дается объяснение неоднородности и аномальных отклонений значений от эталонных с учетом зональности минерала или дефектов по профилю измерения.

Лабораторное занятие №4

Тема: «Исследование доменной структуры пирротина и магнетита в аншлифах Методом магнитной порошкографии.» 6 часов.

Основные вопросы для освоения:

- ✓ Понятие о природе магнитности и методах ее изучения;
- ✓ Доменная структура магнитности, исследование доменной структуры на

примере ферромагнитных рудных минералов в аншлифах методом порошкографии.

Цель работы: определение размеров и формы магнитных доменов минералов на примере магнетита и пирротина.

Ход выполнения задания.

Задание 4-1. Определить формы и размеры доменов в кристаллах магнетита.

Студенты получают полированные образцы ферромагнитных минералов магнетита и пирротина. Тщательно готовят образцы к изучению методом порошкографии. Готовят раствор Ф-600 на основе мыльной суспензии. Раствор наносится на полированную поверхность образцов. Методично изучаются фигуры покрытия магнитным порошком минералов в аншлифах и выявляются признаки доменной структуры магнитности магнетита по характеру покрытия магнитным порошком поверхности аншлифа. Выявляются области наиболее плотного покрытия магнитным порошком. Производится их измерение и фотографирование, анализируется связь с разными структурными элементами (формой зерен, контактами, трещинами, включениями, структурами распада твердых растворов и др.). Определяется минимальный размер доменов.

Задание 4-2. Определить форму и размер доменов в зернах пирротина. Работа выполняется по методике (Грабовский, Жерденко, 1964). Студенты также как и в первом случае тщательно готовят образцы к изучению методом порошкографии. Готовят раствор Ф-600 на основе мыльной суспензии. Раствор наносится на полированную поверхность образцов пирротина. Методично изучаются фигуры покрытия магнитным порошком минералов в аншлифах и выявляются признаки доменной структуры магнитности по характеру покрытия магнитным порошком поверхности аншлифа. Выявляются области наиболее плотного покрытия магнитным порошком. Производится их измерение и фотографирование. По форме определяется какому кристаллографическому направлению они принадлежат. Определяется последовательности образования и соотношение магнитной и немагнитной фаз пирротина.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Нерадовский Ю.Н.** Рудная минераграфия: учебное пособие/ Ю.Н. Нерадовский.- Мурманск: Изд-во МГТУ, 2009. – 84с.
2. **Нерадовский Ю.Н.** Рудные минералы Кольского полуострова: учебное пособие/ Ю.Н. Нерадовский.- Мурманск: Изд-во МГТУ, 2017. – 264с.
3. **Изоитко В.М.** Технологическая минералогия и оценка руд. – СПб.: Недра, 1997. – 264с.
4. **Булах А.Г.** Общая минералогия: учебник для студ. Высш. Учеб. заведений/ Булах А.Г., Кривовичев В.Г., Золотарев А.А. -М.: Изд. Центр «Академия», 2008. – 416 с.

Дополнительная

5. **Егоров-Тисменко Ю.К.** Кристаллография и кристаллохимия/ Егоров-Тисменко Ю.К. - Университет «Книжный дом», Москва, 2005.- 592с.
6. **Кулик Н.А.**, Онтогения минералов : учеб. пособие / Кулик Н.А. - Новосибирск : РИЦ НГУ, 2014. - 94 с. - ISBN -- - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ngu003.html>