

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Лабораторные методы изучения металлических, неметаллических и горючих полезных ископаемых»

Составители: А.Б. Попов

Факультет Инженерно-физический
Кафедра Геологии и природопользования

2012 г.

1

*Печатается по разрешению
редакционно-издательского совета
инженерно-физического факультета
Амурского государственного университета*

Составитель: А.Б. Попов

Методическое пособие по дисциплине «Лабораторные методы изучения металлических, неметаллических и горючих полезных ископаемых»: учебное пособие, /А.Б. Попов – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2012. – 103 с.

Учебное пособие составлено в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальностям 130301.65 «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых»

Пособие предназначено для студентов кафедры геологии и природопользования инженерно-физического факультета АмГУ.

В авторской редакции.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ГЛОССАРИЙ	7
2 ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ	12
3 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	15
4 СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ	20
5 СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ И РИСУНКИ	20

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Лабораторные методы изучения металлических, неметаллических и горючих полезных ископаемых» нацелен на получение студентами теоретических и методических основ лабораторного исследования полезных ископаемых и применении знаний в их дальнейшей практической деятельности.

Знания, полученные студентами по данной дисциплине, необходимы для решения ряда научных и практических вопросов. При поисках и разведке месторождений большое значение имеет всестороннее изучение вещественного состава руд. Это необходимо для точной диагностики минералов, форм нахождения полезных и вредных компонентов, выявления парагенетических ассоциаций рудообразующих минералов, изучении структур и текстур руд, на результатах которых создается представление о процессах рудообразования. Изучение рудообразующих минералов, их сростков и свободных зерен в рудах, промпродуктах, концентратах и хвостах имеет большое значение не только для полной характеристики изучаемых месторождений, но и для разработок технологических схем обогащения руд.

Лабораторные исследования вещественного состава и технологических свойств полезных ископаемых осуществляются в процессе геолого-съемочных, поисковых, разведочных и горно-эксплуатационных работ на основе изучения естественных и искусственных обнажений, подземных горных выработок и керна буровых скважин. Эти исследования позволяют выяснить генезис месторождений, уточнить поисковые критерии и признаки и выполнить геолого-экономическую оценку опосредованных и разведанных объектов, а также решать вопросы рациональной и экономически выгодной разработки и обогащения полезных ископаемых, выбирать способы металлургического передела рудных концентратов и руд.

Учебная дисциплина «Лабораторные методы изучения металлических, неметаллических и горючих полезных ископаемых» принадлежит к числу специальных геологических дисциплин и тесно взаимосвязана с курсами «Физика»,

«Химия», «Общая геология», «Минералогия», «Кристаллография и кристаллохимия», «Геология и промышленные типы месторождений полезных ископаемых», «Минералогия», «Кристаллография и кристаллохимия», «Петрография и петрология».

Цель преподавания дисциплины - знакомство с различными методами лабораторного изучения пород и минералов, получение представлений о парагенетическом анализе и технологических характеристиках руд.

Задачи изучения дисциплины:

- овладение методами определения диагностических свойств минералов;
- приобретение навыков пользования справочной литературой по минералогическим исследованиям;
- изучение текстур и структур руд, последовательности рудообразования;
- обучение описанию аншлифов и полированных шлифов различных рудных ассоциаций минералов.

Учебно-тематический план по данной дисциплине предусматривает лекции, лабораторные и самостоятельные занятия студентов. В настоящей методической разработке приведены глоссарий (сводка основных понятий, используемых в рудной микроскопии), темы лабораторных и самостоятельных занятий с методическими указаниями, литературой, контрольными вопросами и справочными материалами.

1 ГЛОССАРИЙ

Минераграфия – это метод микроскопического изучения в проходящем и отраженном свете полированных образцов рудных или непрозрачных минералов. С помощью этого метода производится диагностика минералов, а также исследуются ассоциации рудных минералов – их состав, сростания и взаимоотношения, последовательность образования в рудах различных генетических типов.

Рудный микроскоп – прибор позволяющий изучать минералы в отраженном и проходящем свете, снабжен поляризационными приспособлениями (поляризатором, анализатором).

Препарат для микроскопического исследования в проходящем свете называется *шлифом*. Препарат для микроскопического исследования в отраженном свете *анишлифом*. Изготовление шлифов и аншлифов включает подготовку руды, шлифовку, доводку и полировку.

В минераграфии определение рудных минералов производится с помощью следующих диагностических признаков: *отражательной способности и двуотражения, цвета, отношения к поляризованному свету, внутренних рефлексов, твердости, магнитности, электропроводности, микрохимических испытаний, морфоструктурных особенностей*.

Отражение минералов является мерой его яркости при качественном наблюдении под микроскопом и может быть измерено количественно с помощью микрофотометров. В обычных лабораторных условиях оценка отражения производится путем сравнения с эталонными минералами (пиритом, галенитом, пирротинном, гематитом, сфалеритом, кварцем).

Цвет минералов характеризует дисперсию отражательной способности. Качественное определение цвета зависит от источника света, степени полировки минерала, расположения исследуемого минерала с другими минералами, химического состава минерала, условий наблюдения под микроскопом, индивидуальных особенностей восприятия цвета исследователем. Рудные минерала делятся на бес-

цветные – белые, серые оттенки, *окрашенные* – желтоватые, розоватые, кремовые, коричневатые, буроватые, редко с синими, сиреневыми оттенками. Цвет наиболее надежно определяется в сравнении с эталонными бесцветными минералами (галенитом, халькопиритом, ковеллином, сфалеритом).

Поляризационные свойства наблюдаются с помощью одного поляризатора (*двуотражение*) или в скрещенных николях т. е. с поляризатором и анализатором (*анизотропия*). Эти свойства проявляются в изменении отражения (яркости) минералов при вращении столика микроскопа. Изотропные минералы не меняют яркости при вращении столика, а в скрещенных николях – почти черные (темно-серые). Плеохроизм – это изменение цвета при вращении столика микроскопа. Двуотражающие минералы характеризуются сильной анизотропией. Они относятся к минералам не кубической сингонии.

К эталонным изотропным минералам относятся: сфалерит, магнетит (хорошо погасающие), пирит, галенит (не полно погасающие).

К сильно двуотражающим минералам относятся: графит, молибденит, антимонит, ковеллин. *Сильно анизотропные минералы* – эффект анизотропии заметен в монокристаллах при вращении столика микроскопа (молибденит, графит, антимонит, марказит, ковеллин, пирротин). *Отчетливо анизотропные минералы* – эффект анизотропии более отчетливо наблюдается в агрегате разноориентированных зерен (пирротин, кальцит, гематит, арсенопирит, киноварь, вольфрамит). *Слабо анизотропные минералы* - эффект анизотропии наблюдается только в агрегате разноориентированных зерен при хорошем освещении, особенно в иммерсии (халькопирит, бурнонит).

Внутренние рефлексы – это явление, обусловленное проникновением на некоторую глубину падающего на минерал света и отражением его от внутренних частей минерала. Они вызываются трещинами спайности, выбоинами, ямками и включениями в минерале. Наблюдаются по всей поверхности полупрозрачных

минералов в виде пятнышек, точек разного цвета и интенсивности. Цвет рефлексов соответствует цвету минерала в порошке.

Твердость разделяется на три типа: твердость полировки, твердость царапания, твердость микровдавливания. При минераграфических исследованиях чаще всего изучают твердость полировки (рельеф полировки). Определения сводятся к наблюдению световой полоски на границе минералов с разным рельефом в аншлифе. При поднятии тубуса микроскопа световая полоска перемещается в сторону более мягкого минерала. В соответствии с твердостью полировки (по И.С.Волынскому) рудные минералы делятся на 7 групп.

Кристалломорфные особенности минералов включают: форму кристаллов, спайность, двойникование, твердые включения. Минералы, часто встречающиеся в виде хорошо образованных (эвгедральных) кристаллов – пирит, арсенопирит, магнетит, гематит, вольфрамит, антимонит, молибденит, марказит. Ангедральные (неправильные) формы характерны для халькопирита, борнита, пирротина, галенита, сфалерита и др.

Спайность в одном направлении характерна для антимонита, молибденита. Проявление спайности в трёх направлениях являются треугольники выкрашивания, например, в галените. *Двойники* лучше наблюдаются для анизотропных минералов в скрещенных николях. Они характерны для полевых шпатов, антимонита, молибденита.

К твердым включениям, имеющим значение для диагностики минералов относится *эмульсионная вкрапленность* (например, халькопирита в сфалерите).

Магнитность определяется с помощью магнитной стрелки, магнитного порошка. К сильно магнетным минералам относятся: самородное железо, магнетит, пирротин, кубанит. Умеренно магнитные минералы: железистая платина, железистые хромшпинелиды, яacobсит, франклинит, ферберит, вольфрамит, магнетит, мельниковит.

Текстура руды определяется формой, размерами и сочетанием агрегатов минералов. Среди текстур выделяются: массивная, вкрапленная, полосчатая, пятнистая, друзовая, жильная крустификационная кокардовая, колломорфная, брекчиевая, брекчиевидная, корковая, пористая, ячеистая, почковидная, конкреционная, петельчатая, каркасная, органогенная, слоистая, линзовидная, конгломератовая, обломочная, сланцеватая, реликтовая, плойчатая.

Структура руды определяется формой, размерами и соотношением зерен минералов.

Среди структур выделяются: идиоморфнозернистая, гипидиоморфнозернистая, аллотриоморфнозернистая, сидеронитовая, порфириовидная, пойкилитовая, скрытокристаллическая, петельчатая, пластинчатая, эмульсионная метаколлоидная, радиально-лучистая, замещения (коррозионная, решетчатая, скелетная)цементная, катакластическая (дробления), перекристаллизации.

Парагенетический анализ минералов позволяет установить последовательность образования ассоциирующих минералов во времени и оценить генетические особенности минералообразования. При одновременной и близко одновременной кристаллизации минералов часто образуются аллотриоморфнозернистые и гипидиоморфнозернистые структуры. При выявлении порядка образования минералов в рудном агрегате используют следующие морфологические признаки – обрастание, пересечение, цементация, замещение. Для определения возрастной последовательности необходимы изучение морфологии кристаллических зерен и взаимоотношения их общих границ, колломорфной полосчатости и зональности роста, взаимоотношения пересечений, установление минералов, находящихся в виде остроугольных обломков и цементирующей массы, а также выявление вторичных минералов замещения. Важнейшим признаком последовательного роста минералов является следующее правило. *Прожилки или иной минеральный агрегат, секущий другой агрегат моложе пересеканного агрегата* (за исключением

случая, когда ранняя фаза подвергалась замещению или когда оба минерала возникли при метаморфической ремобилизации).

Минераграфические исследования проводятся в следующем порядке:

- 1) производится определение минералов;
- 2) производится изучение морфологии рудных зерен;
- 3) определяется количество рудных минералов в процентах;
- 4) устанавливаются текстуры и структуры руды;
- 5) описываются взаимоотношения минералов между собой (срастания, включения, секущие жилки, каймы обрастания и прочие);
- 6) делаются выводы о последовательности выделения минералов;
- 7) изучаются явления метаморфизма, метасоматизма, гидротермальных изменений в рудах, выражающиеся в дроблении, смятии и перекристаллизации минералов;
- 8) выбираются участки для микрофотографирования или зарисовки;
- 9) результаты исследований оформляются в виде письменного отчета.

2 ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

2.1 Пробоподготовка

Знакомство с оборудованием для дробления и измельчения пород, оборудованием для изготовления шлифов и аншлифов, методикой учета и оформления проб. Понятия: представительность пробы, схема подготовки пробы, перемешивание и сокращение пробы. Факторы, влияющие на изменение структуры и состава пробы при дроблении и измельчении. Необходимые навески проб для различных видов анализа.

2.2 Изучение рыхлых отложений и шлихов

Изучение рыхлых отложений. Отбор проб, сокращение проб методами квартования, на делителе Джонсона. Изучение гранулометрического состава. Ситовой анализ, взвешивание каждой фракции. Разделение полученных фракций, используя такие свойства минералов как магнитность, плотность. Изучение под бинокулярным микроскопом морфологических особенностей минералов на примере ильменита, титано-магнетита, циркона, граната, золота, берилла, разновидностей кварца, корунда, топаза.

Литература: [6, с.73-104]

Примечания: 1 В квадратных скобках – литературные источники, которые указаны в списке литературы, и страницы в этих источниках.

2.3 Изучение устройства и оптической системы рудного микроскопа «ЛабoПол-3» и техники работы с рудным микроскопом.

Устройство рудного микроскопа. Изучение оптической системы рудного микроскопа (разрешающая способность, увеличение микроскопа, методы освещения непрозрачных объектов, поляризационные приспособления, светофильтры). Приемы наблюдения при микроскопических исследованиях: вспомогательные принадлежности, установка объекта, приспособление для протирания шлифа, регулировка освещения, центрировка микроскопа, уход за микроскопом.

Литература: [1, с.17-21]; [2 с. 13-39], [4, с.8-19]

Примечания: 1. В квадратных скобках – литературные источники, которые указаны в списке литературы, и страницы в этих источниках.

2. Жирным шрифтом показана основная литература.

2.4 Изучение показателя отражения, цвета, плеохроизма и рельефа рудных минералов

Практическое изучение отражения эталонных минералов: халькопирита, пирита, арсенопирита, пирротина, сфалерита, галенита, гематита, магнетита, магнетита, ковеллина, кварца, кальцита.

Литература: [1, с.374 – 380]; [4, с.100-106]

Практическое изучение цвета минералов: золота, халькопирита, пирита, арсенопирита, пирротина, сфалерита, галенита, гематита, магнетита, ковеллина, кварца, карбонатов.

Литература: [1, с.58-60]; [4, с.48 – 52]

2.5 Изучение поляризационных свойств и внутренних рефлексов минералов

Практическое изучение анизотропных минералов: графита, молибденита, антимонита, гематита, марказита, арсенопирита, ковеллина, висмутина, титаномагнетита, кальцита, пирротина.

Литература: [1, с.60 – 62]; [4, с.56 – 62]

Практическое изучение минералов с внутренними рефлексами: сидерита, кальцита, киновари, клейофана, реальгара, аурипигмента, малахита, гематита, куприта, вольфрамит, оливина, хромита.

Литература: [1, 62 -63], [4, с.54 – 55]

2.6 Твердость, магнитность минералов

Диагностика минералов по физическим свойствам: магнетита, самородного железа, гематита, пирита, арсенопирита, галенита, золота, молибденита, антимонита.

нита, вольфрамита, халькопирита, сфалерита, пирротина, халькозина, кварца, карбонатов, никелина, пентландита, ильменита. Микротвердость.

Литература: [2, с.176 – 218, 225 – 231]; [4, с.63- 75]

2.7 Диагностика рудных минералов меди, кобальта, никеля, свинца, цинка, сурьмы, висмута, мышьяка в полированных шлифах.

Диагностика различных минералов из коллекции по их характерным особенностям с использованием справочных пособий, таблиц.

2.8 Структурно-морфологические особенности минералов, структурно-текстурный анализ руд

Практическое изучение формы минеральных зерен, спайности, двойникования, элементов выкрашивания, эмульсионной вкрапленности на эталонных примерах (пирита, магнетита, гематита, марказита, арсенопирита, молибденита, антимонита, молибденита, кварца, кальцита, сидерита, сфалерита, галенита, самородного висмута, гётита). Структурное травление образцов.

Литература: [1, с.79 – 91]; [2, с.218 – 222]

2.9 Тема: изучение морфологии минеральных зерен, определение их линейных размеров и количества в полиморфных шлифах

Определение цены деления микроскопа, определение размеров зерен, процентного содержания минералов, планиметрический, линейный, точечный методы определения количественных соотношений рудных минералов.

2.10 Контрольное описание аншлифа

Название рудного агрегата, текстура и структура руды, диагностика минералов, количественные соотношения минералов, описания минералов (форма и величина мономинеральных выделений, внутреннее строение зерен, характер сравнения с другими минералами, характерные диагностические свойства), последовательность образования минералов.

Литература: [1, с. 121, 130 - 137]; [4, с.173 - 184]

2.11 Ознакомление с методами электронной микроскопии, микрозондовым анализом, методами хроматографии, спектроколориметрами, инфракрасной спектрометрией, рентгеноструктурными и рентгеноспектральными анализами.

Экскурсия в институт Геологии и природопользования ДВО АН РАН

2.12 Ознакомление с методами эмиссионного спектрального анализа, атомно-абсорбционными методами, пробирным анализом, ознакомление с аналитическими методами исследования вещественного состава и технологических свойств полезных ископаемых.

Экскурсия в лабораторию ООО НПГП «Регис».

3 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Для закрепления знаний, полученных на лабораторных занятиях, предусматривается самостоятельная работа студентов по следующим темам.

3.1 Изучение рыхлых отложений и шлихов

Материалы, оборудование: бинокулярный микроскоп, набор сит, делитель Джонсона, электронные весы, тяжелые жидкости.

Контрольные вопросы и задания:

- Основные принципы фракционирования?
- Подготовка шлихов к анализу?
- Научиться проводить ситовой анализ.
- Научиться проводить сокращение шлиха и взятие средней пробы.
- Научиться проводить магнитную сепарацию.
- Научиться разделять минералы, используя разность в их плотности.

3.2 Диагностика минералов по отражательной способности цвету

Материалы, оборудование: рудный микроскоп ЛабоПол-3, справочные таблицы 2, 3, 4.

Контрольные вопросы и задания:

- Как различаются рудные и нерудные минералы по отражению?
- Какие минералы обладают наибольшей отражательной способностью?
- В чем заключается сравнительная оценка отражения минералов?
- Запомнить показатель отражения галенита, пирита, арсенопирита, пирротина, халькопирита, гематита, магнетита, сфалернита, кальцита, кварца.
- Какие минералы используют для характеристики эталонных цветов?
- Научиться отличать окрашенные минералы от неокрашенных минералов.
- Запомнить оттенки цвета пирита, пирротина, халькопирита, арсенопирита, сфалерита, галенита, халькозина, ковеллина, магнетита, гематита, кальцита, кварца.

- Определить минералы в коллекции, используя справочные таблицы.

Литература: [1, с.374 – 380]; [4, с. 50 – 52, 98-106]

3.3 Диагностика минералов по цвету, отражению, анизотропии и двуотражению

Материалы, оборудование: рудный микроскоп ЛабоПол-3, справочные таблицы 2, 3, 4, 7.

Контрольные вопросы и задания:

- Какие минералы относятся к изотропным?
- Какие минералы относятся анизотропным?
- На примере пирита, халькопирита, молибденита сравнить цвет, отражение и поляризационные свойства.
- Используя признаки анизотропии научиться отличать изотропные минералы от анизотропных.
- Запомнить минералы с сильными анизотропными свойствами.
- Определить минералы в коллекции, используя справочные таблицы.

Литература: [4, с.56 - 62]

Тема 3.4 Диагностика минералов по цвету, отражению, анизотропии, и твердости

Материалы, оборудование: рудный микроскоп ЛабоПол-3, справочные таблицы 2, 3, 4, 5, 7.

Контрольные вопросы и задания:

- Какие минералы имеют высокую твердость?
- Какие минералы имеют среднюю твердость?
- Какие минералы относятся к мягким?
- Запомнить к каким группам твердости по И.С.Волынскому относятся пирит, арсенопирит, магнетит, гематит, пирротин, сфалерит, халькопирит, галенит, халькозин.
- Научиться отличать по твердости полировки в аншлифе галенит и арсе-

нопирит, халькопирит и пирит, магнетит и сфалерит.

- Определить минералы в коллекции, используя справочные таблицы.

Литература: [1, 145 – 173], [4, с.63- 75]

3.5 Диагностика минералов по внутренним рефлексам, морфологии зерен и структурным признакам, в иммерсионных жидкостях

Материалы, оборудование: рудный микроскоп ЛабоПол-3, справочные таблицы 2, 3, 4, 6, 9.

Контрольные вопросы и задания:

- Какие минералы имеют внутренние рефлексии и чем определяется их цвет внутренних рефлексивов?
- Научиться определять в шлифах реальгар, аурипигмент, киноварь, сидерит, гематит, пираргирит.
- Научиться отличать в шлифах по форме кристаллов пирит, арсенопирит, марказит, антимонит, молибденит, кварц, гематит, магнетит.
- Найти в шлифах галенит по треугольникам выкрашивания.
- Изучить двойники в кристаллах антимонита, молибденита.
- Определить минералы в коллекции, используя справочные таблицы.

Литература: [2, с.218 – 222], [4, с.53 – 55], [5, с.53 - 55]

3.6 Изучение минералов в проходящем свете

- В чем отличие шлифов и шлифов?
- Особенности работы с микроскопом при изучении минералов в проходящем свете.
- Научиться отличать минералы в проходящем свете по цвету, отражению, анизотропии, и твердости.
- Научиться отличать минералы в проходящем свете по внутренним рефлексам, морфологии зерен и структурным признакам.
- Изучить различные виды двойников в кристаллах полевых шпатов.

3.7 Изучение текстур и структур руд

Материалы, оборудование: рудный микроскоп ЛабоПол-3, справочные таблицы 11-12, набор химикатов

Контрольные задания:

- Научиться проводить структурное травление.
- Найти в коллекционных образцах руды с массивной, вкрапленной, прожилковой, брекчиевой, пятнистой, полосчатой, оолитовой, конкреционной, порошковой, колломорфной текстурами.
- Изучить аншлифы с примерами распространенных структур руд: гипидиоморфнозернистой, аллотриоморфнозернистой, метазернистой, радиально-лучистой, катакластической, эмульсионной, сферолитовой.
- Научиться определять последовательность образования минералов по морфологическим признакам (пересечению, замещению, цементации).

Литература: [4, с.138 - 163]

3.8 Изучение морфологии рудных зерен под микроскопом

Материалы, оборудование: рудный микроскоп ЛабоПол-3, окуляр-микрометр, набор иммерсионных жидкостей.

Контрольные задания:

- Определить цену деления окуляр-микрометра для объективов 5^x , 10^x с помощью объект-микрометра.
- Определить размер зерен минералов.
- Изучить особенности планиметрического, линейного, точечного методов определения количественных соотношений рудных минералов.
- С помощью метода сравнения по эталонным кружкам определить процентное содержание минералов.

Литература: [4, с.173 – 186]

3.9 Контрольное описание аншлифа

Материалы, оборудование: рудный микроскоп ЛабоПол-3, справочные таблицы.

4 СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

При проведении лабораторных и самостоятельных занятий по дисциплине «Лабораторные методы изучения металлических, неметаллических и горючих полезных ископаемых» используется следующее оборудование: бинокулярные микроскопы, поляризационные микроскопы ПОЛАМ, прессы для монтировки аншлифов, приспособления для протирания аншлифов, магнитное устройство, стальные и медные иглы, наборы сит, делитель Джонсона, электронные весы.

5 СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ И РИСУНКИ

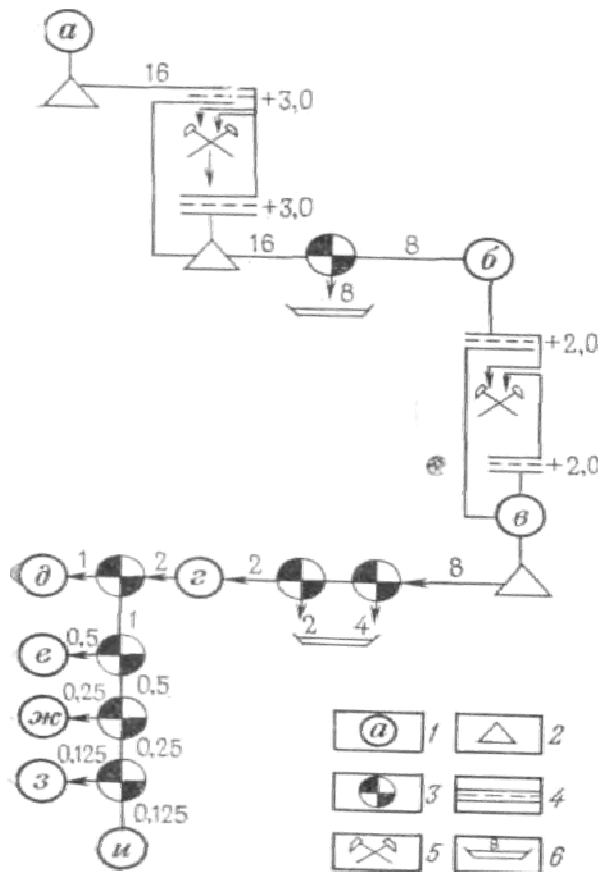


Таблица 1. Полная схема подготовки пробы оловянной руды для минералогохимического исследования (по В.Р. Болоненко, О. П. Иванову и С. А. Сотниковой):

/ — пробы: а—исходная (генеральная), б, в — промежуточные, г — конечная разведочная, д — геологический дубликат, е — контрольная лабораторная, ж — рядовая лабораторная, з — минералогическая, и — контрольная минералогическая; 2—5 — операции: 2 — перемешивания

(гомогенизации) пробы; 3—сокращения (квартования) пробы; 4 — вспомогательного и контрольного просеивания (грохочения) пробы; 5—дробления (измельчения) пробы; 6—масса пробы (в кг). Цифры при грохочении указывают размер сита (в мм), цифры при квартовании — массу материала (в кг).

Таблица 2 Отражение распространенных минералов (R %)

Минерал	R %	Минерал	R %
Серебро	90	Пираргирит	28-29
Золото	85	Аурипигмент	27-18
Медь	82	Прустит	26-23
Сурьма	74	Куприт	25
Мышьяк	58	Борнит	24
Марказит	56-50	Графит	22 -7
Пирит	55	Ильменит	21-17
Пентландит	5-48	Магнетит	21
Арсенопирит	54-51	Ковеллин	21-4
Халькопирит	48	Реальгар	20-18
Пирротин	44-40	Вольфрамит	19-13
Антимонит	44-30	Сфалерит	17,16
Галенит	43	Хромит	13,11
Молибденит	43-21	Касситерит	13-11
Бурнонит	35-33	Шеелит	10
Блеклая руда	33-29	Кварц	4
Халькозин	31	Кальцит	6-4
Гематит	29-25	Сидерит	10-6
Киноварь	29-24		

Таблица 3 Эталонные цвета минералов

Эталонный цвет	Минерал
Белый	Галенит PbS
Светло-серый	Сфалерит ZnS
Жёлтый	Халькопирит CuFeS ₂
Кремово-желтый	Пирротин FeS
Розовый	Борнит Cu ₅ FeS ₄ (свежеотполированный)
Синий	Ковеллин CuS

Таблица 4 Примеры цвета распространенных минералов

Продолжение таблицы 4

Минерал	Цвет
Галенит PbS	Белый
Сфалерит ZnS	Светло-серый
Халькопирит CuFeS ₂	Обычно светло-желтый, рядом с галенитом ярко-желтый, рядом с золотом – зеленовато-желтый, сходен по цвету с пирротинном, но нет коричнево-желтого оттенка
Пирротин FeS	Светло-желтый с коричневато-розовым оттенком
Борнит Cu ₅ FeS ₄	Розово-коричневый, быстро окисляется с приобретением сначала красноватой окраски, затем фиолетовой, синей; одновременно могут быть оттенки разных тонов
Ковеллин CuS	Разных оттенков – синевато-белый, темно-синий с нежно-сиреневым оттенком
Пирит FeS ₂	Светлый бело-желтый
Арсенопирит AsS	Белый с легким желтым оттенком или желто-розовый по сравнению с галенитом

Продолжение таблицы 4

Минерал	Цвет
Гематит Fe ₂ O ₃	Белый с легким синевато-серым оттенком, по сравнению с магнетитом чисто-белый
Кварц SiO ₂	Серый, темнее сфалерита
Кальцит CaCO ₃	Серый, светло-серый
Халькозин Cu ₂ S	белый, тусклый (синевато-белый, розовато-белый, по сравнению с галенитом – голубовато-серый)
Золото самородное Au	Желтый, яркий
Серебро самородное Ag	Белый, яркий (со слабо желтоватым оттенком рядом с самородным висмутом цвет похож, но отражение больше)
Медь самородная Cu	Розовато-белый цвет, по сравнению с серебром – более матовый и красноватый)
Пентландит (Fe, Ni)S	Светло-кремовый, белый с коричневым оттенком (без розового); рядом с пирротинном светлее и без розового тона
Киноварь HgS	белый до синевато-белого рядом с галенитом (отражение меньше галенита)
Антимонит Sb ₂ S ₃	Белый до серовато-белого (с сильным блеском, подобен галениту, но несколько темнее и с некоторым кремовым оттенком)

Таблица 5 Систематика минералов по относительному рельефу в аншлифах (по И.С.Волынскому)

I группа $H <$ галенита	II группа Галенита $\leq H \leq$ бор- нита	III группа Галенита $\leq H \leq$ блек- лых руд	IV группа блеклых руд $\leq H \leq$ платины самородной	V группа Сфалерита $\leq H$ \leq пирротина	VI группа Саффорита $\leq H \leq$ арсено- пирита	VII группа арсенопирита $\leq H \leq$ пирита
Акантит	Галенит	Борнит	Тетраэдрит	Куперит	Лёллингит	Кобальтин
Висмут са- мородный	Висмутин	Халькопи- рит	Тенантин	Платина само- родная	Герсдорфит	Гематит
Алтаит	Айкинит	риг	Фематинит	Пирротин	Гётит	Марказит
Алтаит	Бурнонит	Кубанит	Энарцит	Пирротин	Манганит	Пирит
Тетрадимит	Золото са- мородное	Валлериит	Куприт	Виоларит	Псиломелан	Касситерит
Сильванит	Серебро	Молибде- нит	Станин	Бравоит	Магнетит	
Реальгар	Серебро	нит	Миллерит	Пентландит	Маггемит	
Прустит	самородное	Графит	Сфалерит	Линнениит	Браунит	
Пираргирит	Сурьма са- родная			Никелин	Хромит	
Антимонит	Сурьма са- родная			Скуттерудит	Ильменит	
Буланжерит	Киноварь			Раммельсбер- гит	Рутил	
Джемсонит	Мышьяк			Саффорит	Шеелит	
Ковеллин	самородный				Вольфрамит	
Халькозин					Арсенопирит	

Примечания: Выделены наиболее распространенные минералы

Таблица 6 Примеры внутренних рефлексов минералов

Минерал	Цвет внутренних рефлексов	Минерал	Цвет внутренних рефлексов
Малахит	Зеленый	Куприт	Красный
Аурипигмент	Желтый	Кальцит	Серый
Гётит	Желтовато-бурый	Кварц	Пестрый
Сфалерит	Коричневый	Оливин	Оливковый
Сидерит	Желтый, коричневый	Прустит	Кирпично-красный
Реальгар	Оранжевый	Пираргирит	Рубиново-красный, слабее прустита
Гематит *	Красный	Вольфрамит*	Коричнево-красный
Киноварь	Кроваво-красный	Рутил	Светло-желтый – темно-красно-коричневый
Касситерит	Желто-коричневый, желтый	Анараз	Голубой
Азурит	Синий	Хромит*	Тёмно-коричневый

Примечание: * отмечены минералы, внутренние рефлекссы у которых выражены слабо - иногда проявляются в воздухе, часто проявлены в масле.

Таблица 7 Минералы с плеохроизмом отражения и двуотражением

Минерал	Изменение цвета (более темный – более светлый)	Двуотра- жение (R %)
Ковеллин	Темно-синий – голубовато-белый	7 -24
Молибденит	Беловато-серый - белый	19 -39
Висмутин	Беловато-серый желтовато-белый	38 -45
Пирротин	Розовато-коричневый – коричневатого-желтый	34 - 40
Никелин	Розовато-коричневый – голубовато-белый	47 -52
Кубанит	Розовато-коричневый – светло-желтый	35 -40
Валлериит	Коричневато-серый – кремово-желтый	14 -22
Миллерит	Желтый – светло-желтый	50 -56
Графит	Коричневато-серый – серовато-черный	7 -18

Таблица 8 Схема идентификации неизвестных минералов в аншлифах

<i>ОТЧЁТЛИВО ОКРАШЕННЫЙ МИНЕРАЛ</i>		
Цвет минерала	Анизотропия	Минерал
Синий	Изотропный (или слабо анизотропный)	Халькозин, дигенит
	Анизотропный	Ковеллин
Желтый	Изотропный (или слабо анизотропный)	Золото, халькопирит
	Анизотропный	Халькопирит, миллерит, кубанит, валлериит
Красно-коричневый	Изотропный (или слабо анизотропный)	Борнит, медь, бравоит
	Анизотропный	Валлериит
Розовый, пурпурный, фиолетовый	Изотропный (или слабо анизотропный)	Борнит, медь, бравоит, виоларит
	Анизотропный	Брейтгауптит
<i>ОТЧЕТЛИВО ОКРАШЕННЫЕ ВНУТРЕННИЕ РЕФЛЕКСЫ (В МИНЕРАЛАХ, КОТОРЫЕ НЕ ОБЛАДАЮТ ОТЧЕТЛИВОЙ ОКРАСКОЙ)</i>		
Цвет внутреннего рефлекса	Минерал	
Синий	Анализ, азурит	
Желтый	Сфалерит, аурипигмент, рутил, касситерит	
Красный до коричневого	Киноварь, прустит, пираргирит, теннантит, сфалерит, куприт, хромит, аурипигмент, вольфрамит	

Продолжение таблицы 8

<i>СЛАБО ОКРАШЕННЫЙ МИНЕРАЛ (ЕСЛИ ВООБЩЕ ОКРАШЕН)</i>		
Цвет минерала	Анизотропия	Минерал
Голубой	Изотропный	Тетраэдрит
	Анизотропный с внутренними рефлексами	Гематит, куприт, киноварь, гаусманит, прустит, пираргирит
	Анизотропный без внутренних рефлексов	Псиломелан
Зеленый	Изотропный (или слабо анизотропный)	Тетраэдрит, акантит
	Анизотропный	Станин, полибазит
Желтый	Изотропный	Пирит, пентландит
	Анизотропный	Марказит, никелин
Красно-коричневый до коричневого	Изотропный	Магнетит, ульвошпинель
	Анизотропный	Пирротин, ильменит, энаргит
Розовый, пурпурный, фиолетовый	Изотропный	Кобальтин, линнеит
	Анизотропный	Никелин, фамантинит
<i>НЕОКРАШЕННЫЙ ИЛИ ОКРАШЕННЫЙ ДО НЕКОТОРОЙ СТЕПЕНИ</i>		
Свойства минерала		Минерал
<i>R (%) ≥ 51,7 (пирит)</i>		
Изотропный	Высокой твердости	(Пирит), герсдорфит, скуттерудит
	Средней – низкой твердости	Серебро, платина

Продолжение таблицы 8

НЕОКРАШЕННЫЙ ИЛИ ОКРАШЕННЫЙ ДО НЕКОТОРОЙ СТЕПЕНИ		
Свойства минерала		Минерал
Анизотропный	Высокой твердости	(Марказит), раммельсбергит, саффорит, лёллинит, арсенопирит
Анизотропный	Средней – низкой твердости	Висмут, сурьма, мышьяк, тетрадимит, сильванит
R (%) от 51,7 (пирит) до 43,1 (галенит)		
Изотропный	Высокой твердости	Зигенит, ульманиит
	Средней – низкой твердости	Галенит, фрейбергит
Анизотропный	С внутренними рефлексами	Пираргирит
	Без внутренних рефлексов	Висмутин, антимонит
R (%) от 43,1 (галенит) до 20,0 (магнетит)		
Изотропный	Без внутренних рефлексов	Тетраэдрит, маггемит
	С внутренними рефлексами	Реальгар, теннантит
Анизотропный	С внутренними рефлексами	Гематит, энаргит, пираргирит, буланжерит, Аурипигмент, реальгар
	Без внутренних рефлексов	Модибденит, пиролюзит, бертьерит, буланжерит, джемсонит, тенорит, стефанит, штромейерит, пиролюзит
R (%) ≤ 20,0 (магнетит)		
Изотропный	Без внутренних рефлексов	Хромит, коффинит
	С внутренними рефлексами	Браннерит, сфалерит

Продолжение таблицы 8

Свойства минерала		Минерал
Анизотропный	С внутренними рефлексамми	Колумбит-танталит, манганит, шеелит, касситерит, вольфрамит, гётит, рутил
	Без внутренних рефлексов	Графит, браунит

Таблица 9 Примеры форм выделения рудных минералов

Форма выделения	Минерал
Игольчатые кристаллы	Гематит, антимонит, рутил
Лейстообразные кристаллы	Ильменит, гематит
Таблитчатые кристаллы	Ковеллин, молибденит, графит, гематит
Ромбические кристаллы	Арсенопирит, марказит
Скелетные формы	Магнетит (вследствие быстрой кристаллизации), галенит
Изометричные формы кристаллов	Кубическая – галенит, пирит Октаэдрическая – хромит, шпинель, пирит, магнетит, галенит Пентагондодекаэдрическая – пирит, бравоит
Зерна аллотриоморфной или неправильной формы	Сфалерит, халькопирит, пирротин, борнит,
Колломорфные формы (сферическая, почковидная)	Гётит, псиломелан, настуран, марказит
Дендритовидные выделения	Самородные висмут, золото, серебро

Таблица 10 Классификация важнейших текстур руд

Морфологические группы		Геологические (генетические) группы					Метаморфогенные
		Магматические	Контактово-метаморфические	Гидротермальные	Выветривания	Осадочные	
Однородные (равномерные)		Массивная Вкрапленная	Массивная Вкрапленная	Массивная Вкрапленная	Пористая Порошковая		Массивная (непереотложенная)
Неоднородные	Удлиненные (плосковытянутые)	Полосчатая	Слоистая (реликтовая)	Полосчатая Жильная Линзовидная Крустификационная		Слоистая Линзовидная	Сланцеватая Полосчатая Реликтовая
	Округлые	Нодулярная		Кокардовая Колломорфная	Концентрически-зональная Конкреционная Оолитовая Почковидная	Оолитовая Конгломератовая	Реликтовая
	Неправильные (прочие)	Такситовая (шлировая) Брекчиевидная	Пятнистая Друзовая Брекчиевидная	Пятнистая Друзовая Брекчиевидная Брекчиевая	Корковая Жеодовая Друзовая Ячеистая Петельчатая Органогенная (реликтовая)	Брекчиевая (обломочная) Органогенная (реликтовая)	Плойчатая Брекчиевая

Таблица 11 Классификация важнейших структур руд

Структуры кристаллизации	Структуры распада твердых растворов	Структуры перекристаллизации коллоидов	Структуры коррозионные	Структуры давления
Идиоморфнозернистая Гипидиоморфнозернистая Аллоτριоморфнозернистая Сидеронитовая Пойкилитовая Скрытокристаллическая и гелевая	Петельчатая Решётчатая Пластинчатая Эмульсионная	Сферолитовая и радиально-лучистая Гранобластическая Порфиробластическая Пойкилобластическая	Разъедания Пересечения Остатков от замещения Скелетная Графическая Решётчатая Цементная	Дробления Смятия Перекристаллизации

Примечание. Описание текстур и структур, приведенных в таблицах 10, 11, даётся в «Руководстве по минераграфии» С.А.Вахромеева [1], с. 138 -163.

Таблица 12 Форма отчета при изучении аншлифа

Номер образца, место взятия, название аншлифа					Минералы сопровождающие
Минеральный состав	Минералы рудные				
	Количественный состав в % по объёму				
	Показатель отражения				
	Твёрдость				
	Отношение к поляризованному свету				
	Цвет				
	Внутренние рефлексy				
	Другие физические признаки				
Структуры, текстуры	Размеры зерен (максимальные, средние, минимальные) в мм				
	Форма зерен				
	Внутреннее строение зерна				
	Структура				
	Текстура				
	Возрастные соотношения минералов				

Продолжение таблицы 12

Зарисовки и дополнительные записи

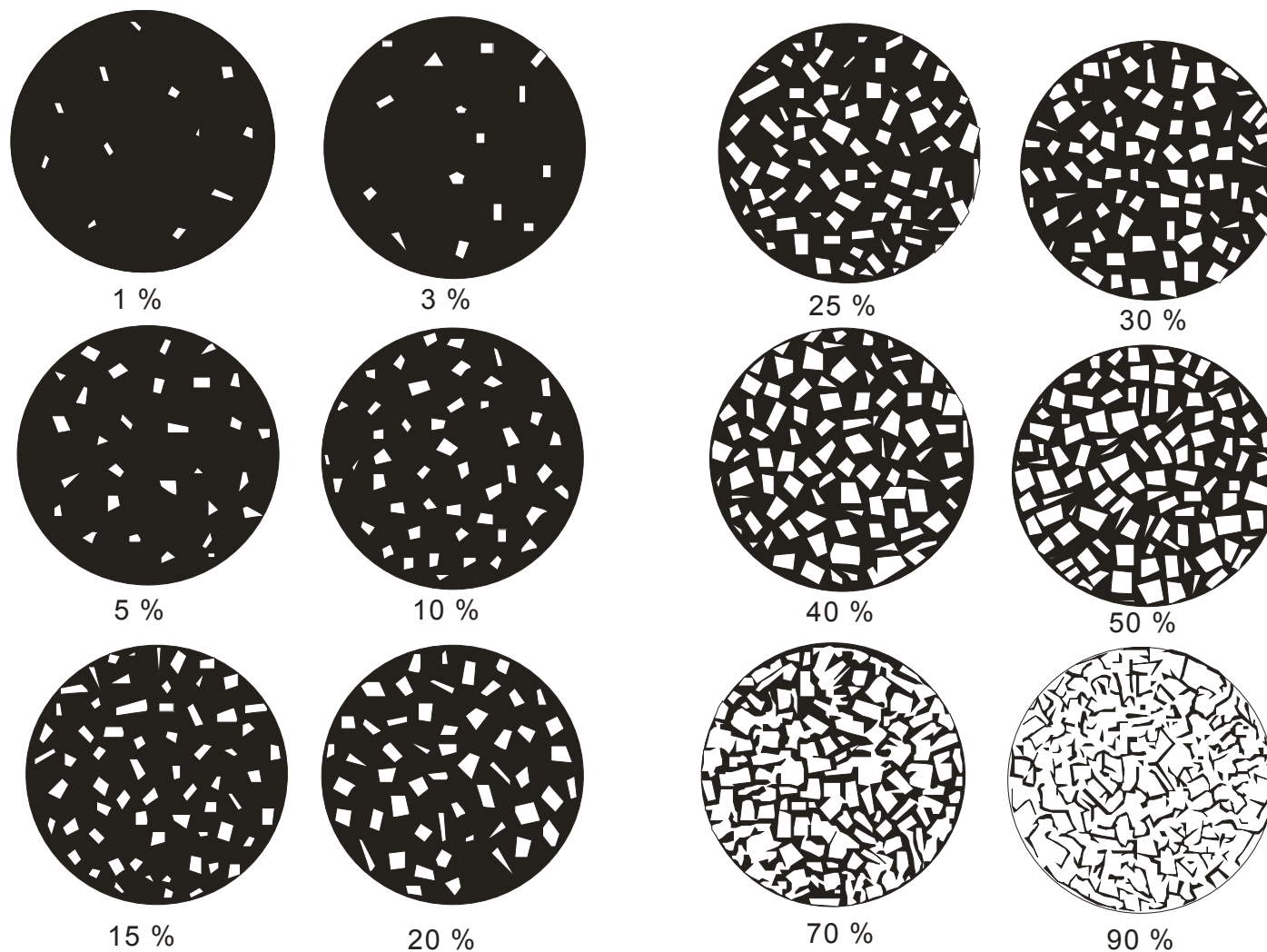
Зарисовки

«__»_____200 г.

Фамилия

И.О. _____

Подпись _____



Процентное содержание белых фигурок на черном фоне показывают цифры у каждой фигуры

Рисунок 1 – Иллюстрация к сравнительному методу определения количества минералов в полированных шлифах

Таблица 13 Ассоциации рудных минералов, встречающиеся в изверженных породах и жильных месторождениях

Продолжение таблицы 13

Пример рудной ассоциации	Главные минералы	Второстепенные минералы	Редкие, вторичные, жильные, ассоциирующие минералы	Структурные и текстурные особенности	Происхождение руд	Примеры месторождений
Руды хрома, ассоциирующие с основными и ультраосновными породами	Хромит	Сульфиды никеля, меди, железа (пентландит, пирротин, халькопирит, герсдорфит, борнит, валлеириит)	<i>Редкие:</i> минералы платиновой группы (ферроплатина, куперит, лаурит, стибнопалландит, сперрилит, никелистый бреггит)	Идиоморфные зерна хромита в основной массе темноцветного силиката	Раннемагматическое	Бушвельдский комплекс (Южная Африка)
				Округлые агрегаты хромита в основной массе темноцветного силиката	Позднемагматическое	Кемпирсайское (Южный Урал)
Железо-титановые окисные руды, ассоциирующие основными породами	Магнетит, ильменит, рутил, гематит, апатит	Пирит, халькопирит, маггемит, пирротин	<i>Вторичные:</i> гематит, рутил, маггемит	Изометричные зерна титанистого магнетита, структуры распада твердого	Позднемагматическое	Бушвельдский комплекс (Южная Африка) Качканарское (Средний Урал)

Продолжение таблицы 13

Пример рудной ассоциации	Главные минералы	Второстепенные минералы	Редкие, вторичные, жильные, ассоциирующие минералы	Структурные и текстурные особенности	Происхождение руд	Примеры месторождений
				раствора (пластинки ильменита в магнетите), сидеронитовые структуры		
Медно-никелевые руды, связанные с основными и ультраосновными породами	Пирротин, пентландит, пирит, магнетит, халькопирит	Кубанит, макинавит, минералы металлов платиновой группы, аргентопентландит	<i>Вторичные:</i> миллерит, виоларит	Зернистые агрегаты сплошных руд; вкрапленные руды	Ликвационное	Садбери (Канада), Норильское (Западная Сибирь)
Медные и молибденовые руды, ассоциирующие с порфировыми интрузивными	Пирит, халькопирит, молибденит, борнит	Магнетит, гематит, ильменит, рутил, Энаргит, кубанит, касситерит, гюбнерит, золото	<i>Вторичные:</i> Гематит, ковеллин, халькозин, дигенит, самородная медь	Вкрапленные, прожилковые выделения рудных минералов	Плутоногенно-гидротермальное	Чукикамата (Южная Америка, Чили), Кунрад (Казахстан)

Продолжение таблицы 13

Пример рудной ассоциации	Главные минералы	Второстепенные минералы	Редкие, вторичные, жильные, ассоциирующие минералы	Структурные и текстурные особенности	Происхождение руд	Примеры месторождений
породами						
Оловянно-вольфрамовисмутовые ассоциации жильных месторождений	Касситерит, арсенопирит, вольфрамит, висмутин, пирит, марказит, пирротин	Станнин, халькопирит, сфалерит, тетраэдрит, пирраргирит, висмут, галенит, рутил, золото, франкеит, молибденит	<i>Жильные:</i> кварц, турмалин, апатит, флюорит	Зернистые, радиальнолучистые агрегаты, прожилки, структуры распада твердых растворов	Плутоногенно-гидротермальное	Потоси (Боливия), Иультинское (Чукотка)
Золоторудные жилы и связанная с ними минерализация	Самородное золото, серебро, теллуриды благородных металлов, пирит, марказит, арсенопирит, пирротин	Галенит, сфалерит, халькопирит, антимонит, айкинит, тетраэдриттенантит, реальгар	<i>Жильные:</i> кварц, карбонаты (кальцит, сидерит, анкерит, доломит), полевые шпаты, халцедон, турмалин, флюорит, барит, эпидот, графит, аморфный углерод или углеро-	Прожилковые, гнездово-вкрапленные выделения	Плутоногенно-гидротермальное	Березовское (Средний Урал)
				Прожилковые, вкрапленные выделения, колломорфно-полосчатые агрегаты	Вулканогенно-гидротермальное	Аметистовое (Камчатка)

Продолжение таблицы 13

Пример рудной ассоциации	Главные минералы	Второстепенные минералы	Редкие, вторичные, жильные, ассоциирующие минералы	Структурные и текстурные особенности	Происхождение руд	Примеры месторождений
			дистое вещество	Прожилковые, вкрапленные выделения	Метаморфогенно-гидротермальное	Олимпиаденское (Красноярский край)
Свинцово-цинковые жильные руды	Галенит, сфалерит, халькопирит, пирит	Пирротин, арсенопирит, тетраэдрит	<i>Жильные:</i> кварц, кальцит, барит	Тонкозернистые жильные выполнения, прожилковые, брекчиевые, текстуры	Плутоногенно-гидротермальное	Садон (Северный Кавказ)
Жильные месторождения сульфидов ртути	Киноварь, метациннабарит, пирит, марказит	Самородная ртуть, антимонит, сфалерит, пирротин	<i>Жильные:</i> кварц, халцедон, глинистые минералы, барит, доломит	Идиоморфные вкрапленники, гнезда, прожилки, межзерновой цемент рудных минералов	Амагматогенно-гидротермальное	Альмаден (Испания), Никитовское (Донбасс, Украина)

Таблица 13 Ассоциации рудных минералов, встречающиеся в осадочных, вулканических, метаморфических обстановках

Пример рудной ассоциации	Главные минералы	Второстепенные минералы	Редкие, вторичные, жильные минералы	Структурные и текстурные особенности	Происхождение руд	Примеры месторождений
Бурые железняки	Гётит, гидрогётит, гематит, сидерит, шамотит	Магнетит, пирит, коллофан $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3]$		Зернистые, цементные структуры, оолитовые текстуры	Осадочное	Керчинское (Украина) Лотарингия (Франция)
Полосчатые железорудные формации	Гематит, магнетит	Пирит	Кварц	Полосчатые, плейчатые текстуры, гипидиоморфнозернистые структуры	Метаморфизованные осадочные и вулканогенноосадочные образования	Курская магнитная аномалия, Кривой Рог
Марганцевые месторождения кварцит-глауконит-глинистой ассоциации	Пирролюзит, псиломенлан, манганокальцит	Родохрозит		Конкреционные, землистые, нодулярные, колломорфные текстуры, коллоидные структуры	Осадочное	Никополь (Украина), Чиатура (Грузия)
Железные	Гётит, ли-	Окислы мар-		Колломорф-	Припо-	Балтатау

Пример рудной ассоциации	Главные минералы	Второстепенные минералы	Редкие, вторичные, жильные минералы	Структурные и текстурные особенности	Происхождение руд	Примеры месторождений
шляпы	монит, лепидокрокит, гематит	ганца, остаточные сульфиды цветных металлов		ные, полосчатые текстуры, структуры замещения (пористые, сетчатые и др.), реликтовые структуры	верхностные зоны окисления первичных сульфидных руд	(восточный склон Урала), Майкаин (Казахстан)
Золото-урановые руды в конгломератах	Пирит, золото, может быть главным уранинит	Осмирид (OsIr), марказит, пирротин, сфалерит, галенит, молибденит, арсениды и сульфоарсениды, содержащие Co, Ni	Кварц, полевые шпаты, серицит, хлорит; обломочные тяжелые минералы – хромит, циркон, ильменит, магнетит, рутил	Вкрапленные, микропрожилковые, колломорфные текстуры руд; Структуры зернистые, замещения	Метаморфизованные россыпи	Витватерсранд (ЮАР)
Свинцово-цинковые в карбонатных породах	Галенит, сфалерит, барит, флюорит, пирит, марказит, халькопирит	Вюртцит, миллерит, бравоит, дигенит, бронит, ковеллин, энаргит, люцит	<i>При вторичном изменении главных сульфидов</i> - гематит, куприт, лимонит, смитсонит, церуссит, малахит, англезит, ярозит	Полосчатые, реликтовые слоистые текстуры, структуры замещения	Стратиформные залежи (осадочно-катагенез)	Месторождения долины Миссисипи (США), Миргалимсай (Казахстан)

Пример рудной ассоциации	Главные минералы	Второстепенные минералы	Редкие, вторичные, жильные минералы	Структурные и текстурные особенности	Происхождение руд	Примеры месторождений
			<i>Жильные минералы</i> – кальцит, доломит, арагонит, кварц, иногда сидерит, анкерит, колломорфный кремнезём		тические, осадочно-гидротермальные)	
Колчедан-ные руды (медно-железо-цинковые ассоциации в вулканических обстановках)	Пирит, сфалерит, халькопирит, местами пирротин, галенит	Борнит, тетраэдрит, арсенопирит, марказит	<i>Редкие</i> - Электрум, кубанит, висмут, медно-свинцово-висмут-серебряные сульфосоли, касситерит; <i>Жильные</i> – кварц, барит, серицит, хлорит, эпидот, альбит <i>Вторичные</i> - ковеллин, борнит, халькозин, дигенит	Массивные, вкрапленные колломорфно-полосчатые текстуры; Структуры - гипидиоморфнозернистые, метазернистые, фрамбоидальные, замещения	Вулканогенно-осадочное; вулканогенно-гидротермальное	Месторождения восточного склона Ю.Урала (Гай, Сибай), Рудного Алтая, Куроко (Япония), Рио-Тинто (Испания)
Скарновые месторождения (железа, молибдена, меди,	Магнетит, молибденит, сфалерит, галенит, халькопирит,	Пирротин, касситерит, гематит	<i>Редкие</i> – золото, сребровисмутовые, (–селеновые) сульфосоли <i>Ассоциирующие минералы</i> – кварц, гра-	Массивные, гнездово-вкрапленные, коккардовые, метасоматически-	Высокотемпературные контактово-мета-	

Пример рудной ассоциации	Главные минералы	Второстепенные минералы	Редкие, вторичные, жильные минералы	Структурные и текстурные особенности	Происхождение руд	Примеры месторождений
вольфрама, свинца и цинка)	вольфрамит, шеелит-повеллит <i>(набор изменчив в разных месторождениях)</i>		натры, амфиболы, пироксены, силикаты кальция, оливины, тальк, ангидрит	полосчатые текстуры; структуры замещения, гипидиоморфнозернистые	морфические ореолы на границе интрузий с карбонатными породами	

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

- 1 Исаенко М.П., Боришанская С.С., Афанасьева А.В. Определитель главнейших минералов руд в отраженном свете. - М.: Недра, 1986.
- 2 Волынский И.С. Определение рудных минералов под микроскопом. - М.: Недра, 1966.
- 3 Исаенко М.П. Определитель текстур и структур руд. - М.: Недра, 1964.

Дополнительная

- 4 Вахромеев С.А. Руководство по минераграфии. - М.: Гос. Изд-во геол. лит-ры, 1950.
- 5 Воробьева С.В. Методы лабораторного исследования вещественного состава руд и диагностические свойства промышленно-ценных рудных минералов в отраженном свете. – Томск. 2008.
- 6 Захарова Е.М. Шлиховой метод поисков полезных ископаемых. – М.: Недра, 1984.
- 7 Одерев С.И., Иванов П.А. Лабораторные методы исследования вещественного состава полезных ископаемых.– М. 1994
- 8 Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. – М.: ИЛ, 1962.
- 9 Чвилева Т.Н., Бессмертная М.С. и др. Справочник-определитель рудных минералов в отраженном свете. - М.: Недра, 1988.
- 10 Юшко С.А. Диагностические свойства рудных минералов. - М.: Недра, 1975.