

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра геологии и геодезии

## **МОРФОЛОГИЯ И СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ**

Лабораторный практикум по курсу  
«Основы кристаллографии и минералогии»  
для студентов специальностей:

- 150101 - Metallургия черных металлов, специализации:  
«Metallургия чугуна», «Metallургия стали»;
- 150104 - Литейное производство черных и цветных металлов,
- 150102 - Metallургия цветных металлов,
- 240301 - Химическая технология неорганических веществ,
- 130404 - Подземная разработка месторождений полезных  
ископаемых: специализация «Подземная разработка  
рудных и нерудных месторождений»

Новокузнецк  
2008

УДК 548.1.515.6 (07)  
М 80

Рецензент  
профессор, зав. кафедрой металлургии чугуна СибГИУ  
В.А. Долинский

М80 Морфология и свойства минералов: Лабор. практикум / Сост.:  
А.А. Пермяков, А.А. Назарова;  
СибГИУ. – Новокузнецк, 2008. - 27 с.

Представлена методология проведения диагностических исследований минералов. Детально охарактеризованы морфологические, оптические, механические и прочие их свойства.

Даны: методика и порядок действий при выполнении лабораторной работы «Описание и определение минералов», рекомендации к оформлению и образец отчета.

Предназначен для студентов специальностей: 150101 - Металлургия черных металлов (специализации: «Металлургия чугуна», «Металлургия стали»), 150104 - Литейное производство черных и цветных металлов, 150102 - Металлургия цветных металлов, 240301 - Химическая технология неорганических веществ, 130404 - Подземная разработка месторождений полезных ископаемых, специализация «Подземная разработка рудных и нерудных месторождений».

## **ВВЕДЕНИЕ**

Данные методические указания предназначены для помощи студентам при выполнении лабораторных работ по описанию и определению минералов в образцах руд и горных пород курса учебной дисциплины «Основы кристаллографии и минералогии». Студенты работают с естественными образцами горных пород и руд, доставленными с эксплуатируемых месторождений. Данная лабораторная работа является самой важной во всем курсе, так как предполагает использование всего теоретического материала дисциплины и практических навыков студентов, приобретенных при выполнении предшествующих лабораторных работ. Описание каждого образца руды оканчивается технолого-экономической оценкой возможного использования руды.

*Целью работы* является изучение студентами состава и свойств минерального сырья, используемого в металлургической и других отраслях народного хозяйства.

*Задачами*, которые ставятся перед студентами при выполнении работы, являются освоение терминологии и методов описания свойств минералов для их диагностики.

В данных указаниях представлены необходимая терминология и методика описания структурно-текстурных особенностей, оптико-механических свойств, на основе которых диагностируются минералы.

# 1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Все минералы можно разделить на природные, то есть геологического происхождения, и технические, образующиеся на разных стадиях металлургического передела.

В минералогии часто используют термины: минеральный индивид и минеральный агрегат. Их нельзя путать, поскольку они имеют различное значение.

*Минеральный индивид* – это отдельный монокристалл или минеральное зерно (рисунок 1) с четко или менее четко выраженной поверхностью раздела в минеральном агрегате (рисунок 2). Минеральный индивид очень редко встречается обособленно, чаще всего он находится в сростании с такими же или другими минеральными индивидами. Отдельные минеральные индивиды могут иметь самую разнообразную форму: от идеального (рисунок 1, а) до скелетного кристалла (рисунок 1, б) или неправильного по форме кристаллического минерального зерна (рисунок 1, в).

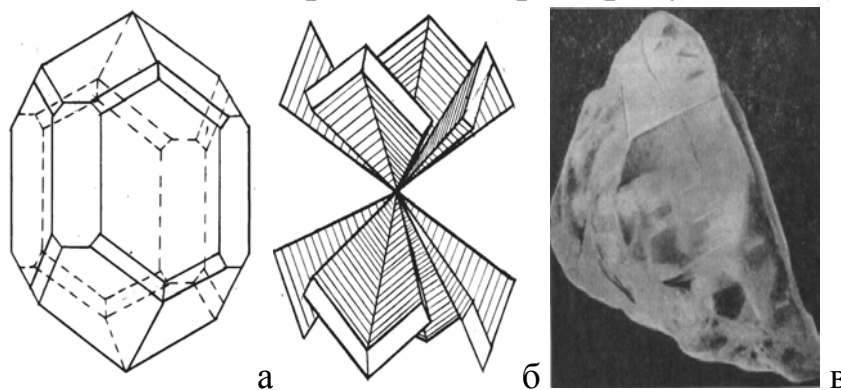


Рисунок 1 – Минеральные индивиды касситерита  $\text{SnO}_2$ :

а – идиоморфный кристалл; б – скелетный кристалл;

в – угловатое кристаллическое зерно

*Минеральный агрегат* – это совокупность определенным образом сросшихся минеральных индивидов, образующих руду или горную породу. Внешне минеральный агрегат может иметь любую форму: образца в музейной или учебной коллекции; куска, глыбы руды или горной породы, добытой в шахте, в карьере, или доставленной на металлургический или химический завод для переработки; наконец, в виде поверхности или уступа в горной выработке или скального выхода на поверхность земли в определенных геологических условиях. Но приглядитесь

внимательно и вы увидите, что все минеральные агрегаты состоят из сросшихся минеральных индивидов (кристаллов, зерен) определенной формы и размеров. Морфологические особенности минеральных индивидов и агрегатов являются предметом детального изучения, так как помогают определять минералы и выбирать рациональную технологию их промышленной переработки.

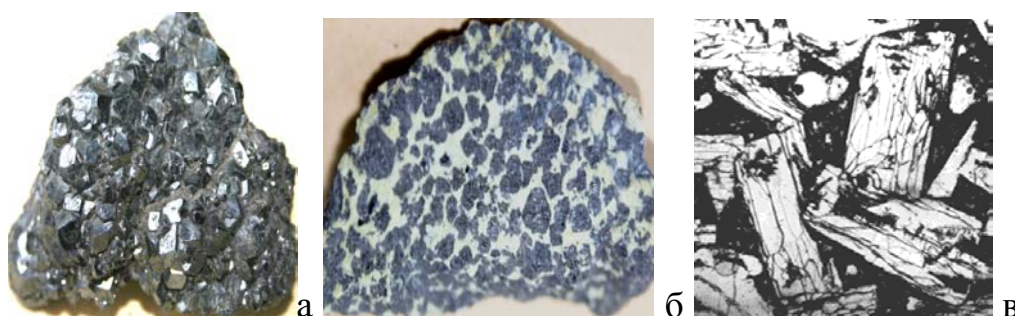


Рисунок 2 - Минеральные агрегаты:

- а - друза кристаллов магнетита;  
б - зернистый агрегат серпентин-хромитовой руды;  
в - кристаллы мелилита (белое) в шлаковом стекле (черное)

## 1.1 Морфологические особенности минералов

Изучение морфологических особенностей минералов заключается в определении их структурных и текстурных особенностей.

**1.1.1 Структура минералов.** Структура характеризует форму, размеры и характер срастания **минеральных индивидов** в минеральном агрегате.

*Форма минеральных индивидов.* Степень совершенства формы минеральных индивидов зависит от условий их образования и бывает:

1. *Идиоморфная* (идио – сам, морфо – форма, греч.) – характерна для идеальных по форме и симметрии кристаллов (рисунок 3, а). Такие кристаллы встречаются очень редко и образуются в идеальных условиях. В процессе их роста соседние кристаллы не имеют с ними никакого контакта. При описании идеальных кристаллов определяют их симметрию, простые гранные, реберные и вершинные формы.

2. *Гипидиоморфная* (гип – почти, греч.) – кристалл минерала имеет частично собственную огранку, но на границе

соприкосновения с другими кристаллами – вынужденную (индукционную) границу соприкосновения (рисунок 3, б). Гипидиоморфные минеральные индивиды чаще всего встречаются в друзах (рисунок 2, а), в которых головки кристаллов имеют многогранную идеальную форму, а основания кристаллов, соприкасаясь с поверхностью нарастания, имеют неправильную вынужденную форму. Гипидиоморфные индивиды встречаются в порфировидных и порфировых структурах (рисунок 2, в). Фору гипидиоморфных индивидов можно охарактеризовать огранкой и обликом.

3. *Ксеноморфная* (хромит на рисунке 2, б) или *аллотриоморфная* (серпентин на рисунке 2, б) (ксено – вынужденная, алло – чужая, греч.) форма присуща зернистым минералам, выросшим в стесненных условиях (рисунок 3, в, г). Они со всех сторон ограничены индукционными поверхностями соприкосновения с соседними также зернистыми минеральными индивидами. Форма таких минеральных индивидов описывается только обликом.

Облик минеральных индивидов. *Облик минерального индивида определяется характером его развития в трех взаимно перпендикулярных направлениях линейными параметрами **a**, **b**, **c*** (рисунок 3), то есть соотношением его высоты, ширины и длины. По соотношению этих параметров различают следующие облики:

1.  $a \approx b \approx c$  – изометричный облик (рисунок 3);
2.  $a \approx b < c$  – удлинённый облик:
  - $c:a < 10:1$  – столбчатый облик (рисунок 4, а-в),
  - $c:a < 50:1$  – шестоватый облик (рисунок 4, г-д),
  - $c:a < 100:1$  – игольчатый облик (рисунок 4, е-ж),
  - $c:a > 100:1$  – волокнистый облик (рисунок 4, з-и);
3.  $a \approx b > c$  – уплощенный облик (рисунок 5):
  - $a/c < 10$  – таблитчатый облик,
  - $a/c < 100$  – пластинчатый облик,
  - $a/c < 1000$  – листоватый, чешуйчатый облик.

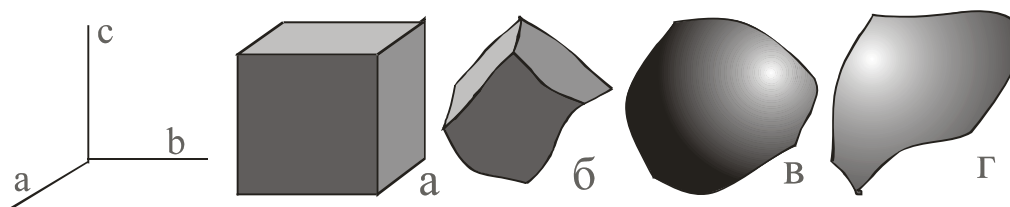


Рисунок 3 – Изометричные минеральные индивиды:  
а – изоморфный; б – гипидиоморфный; в – ксеноморфный;  
г – аллотриоморфный

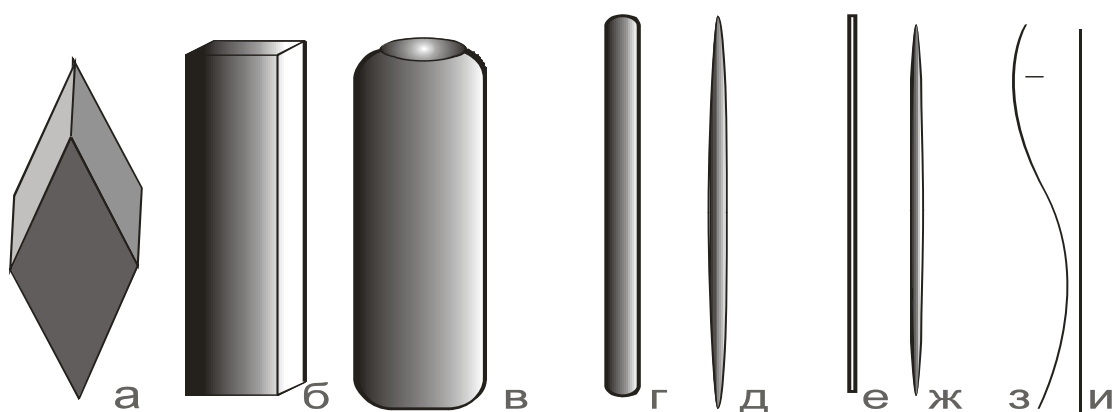


Рисунок 4 – Удлиненный облик минеральных индивидов:  
а - удлиненно-ромбоэдрический; б - тетрагонально-призматический,  
столбчатый; в - цилиндрически-зернистый столбчатый;  
г – шестоватый; д - шестовато-игольчатый; е – игольчатый;  
ж - остро-игольчатый; з – волосовидный; и - волокнистый

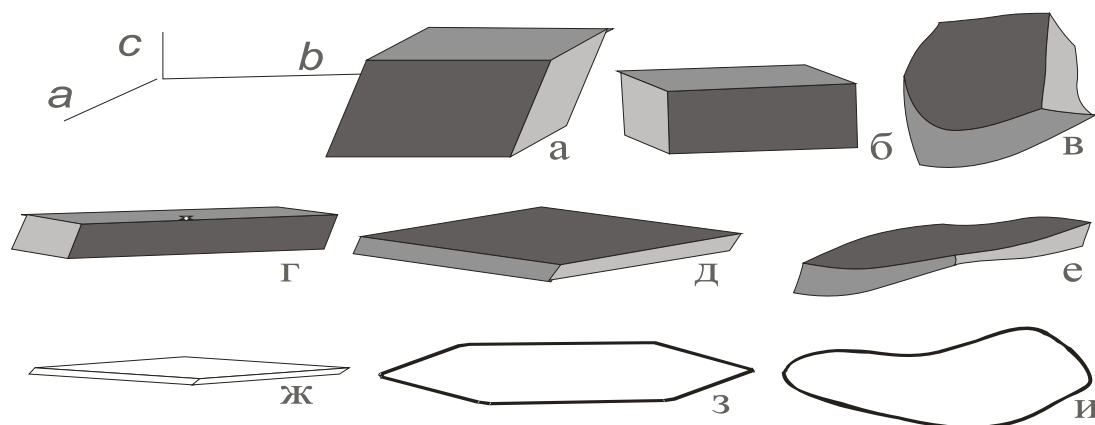


Рисунок 5 – Уплощенный облик минеральных индивидов:  
а - триклинный толсто-таблитчатый; б - ромбический пинакоидально-  
таблитчатый; в - ксеноморфнозернистый таблитчатый;  
г - пинакоидальный пластинчатый; д - ромбоэдрический пластинчатый;  
е - пластинчатый зернистый; ж - тетрагональный листоватый;  
з - гексагональный листоватый; и - ксеноморфный листоватый

*Размеры минеральных индивидов.* Размеры минеральных индивидов могут быть относительные и абсолютные.

По относительной шкале минеральные индивиды разделяют на равномерно кристаллические (равномерно-зернистые) и неравномерно кристаллические (неравномерно-зернистые).

По абсолютной шкале в зависимости от научных или промышленных целей размеры минеральных индивидов (d) классифицируются по различным модулям крупности М:

$$M = d_{\max} / d_{\min}.$$

В разных отраслях промышленности используют различные значения модуля М, например, 10, 5, 2,  $\sqrt{2}$ ,  $\sqrt[4]{2}$ ,  $\sqrt[10]{10}$ ,  $\sqrt[20]{10}$ .

Используя модуль крупности равный 10, минеральные индивиды можно разделить на следующие классы крупности (таблица 1):

Таблица 1 – Гранулометрическая классификация минералов

Гранулометрический класс	Диаметры индивида от ... до ..., мм	Минеральные индивиды	Метод определения
Гигантские кристаллы	>100	Макро- и средне-кристаллические	Визуально, невооружённым глазом
Грубокристаллические	10...90		
Крупнокристаллические	1...9		
Среднекристаллические	0,1...0,9		Лупа
Мелкокристаллические	0,01...0,09	Мелко- и скрыто-кристаллические	Оптический микроскоп
Тонкокристаллические	0,001...0,009		
Микрокристаллические	0,0001...0,0009		
Криптокристаллические	0,00001...0,00009		
Аморфные (стекла)	<0,000001		Электронный микроскоп

Студенту необходимо внимательно разглядеть минералы в изучаемом образце. Визуально или с помощью лупы определить контуры и размеры минеральных индивидов, форма и облик которых уже определен. По каждому минералу следует определить размеры самых больших, самых малых и наиболее распространенных минеральных индивидов. Если размеры различные и попадают в разные классы, гранулометрическая структура описывается комбинированными терминами, например, средне- крупнозернистая.



Для гранулометрического исследования студентам следует обзавестись собственной лупой. Для лучшего обзора исследуемого образца минералов линзу лупы следует максимально приблизить к ресницам, а затем приближать образец к лупе, добиваясь максимальной резкости. При этом следует повернуться к источнику света так, чтобы исследуемая часть образца была хорошо освещена. При таком наблюдении вы увидите: форму (облик) индивида, его размеры по всем линейным параметрам, спайность, блеск и цвет минерала. Все эти данные следует занести в соответствующие разделы заполняемой таблицы выполнения лабораторной работы. Определенные размеры минеральных индивидов следует записать в миллиметрах и охарактеризовать соответствующим классом крупности.

*Срастания и прорастания минералов.* Срастания и прорастания минералов происходят при их формировании. Эти срастания могут быть закономерные (двойники, параллельные, радиально-лучистые) и не закономерные.

**Двойники** – закономерные срастания (рисунок 6) или прорастания (рисунок 7) минеральных индивидов. Различают двойники простые (рисунки 6, б; 7, а) и полисинтетические (рисунки 6, в; 7, б).

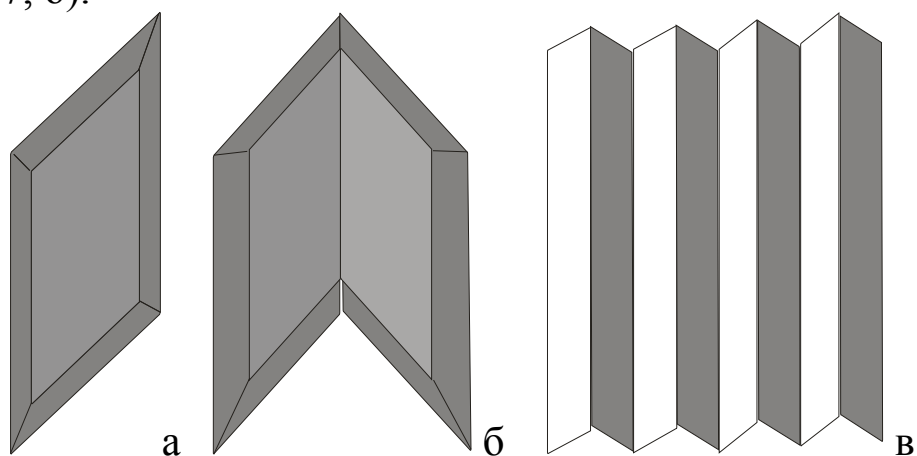
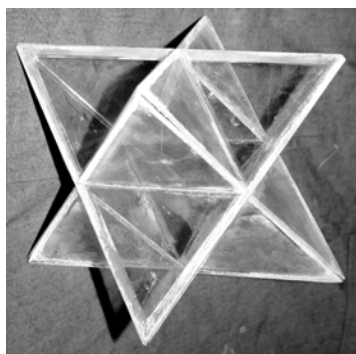
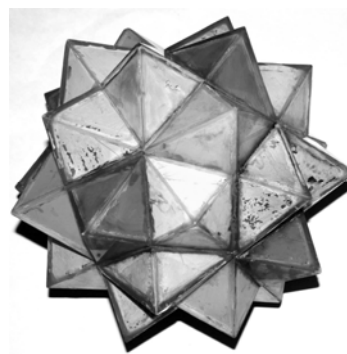


Рисунок 6 – Двойниковые срастания:

а – монокристалл гипса; б – простой двойник гипса типа «ласточкин хвост»; в – полисинтетический двойник плагиоклаза



а



б

Рисунок 7 – Двойники прорастания:  
а – простой двойник прорастания тетраэдрических кристаллов сфалерита; б – полисинтетический двойник прорастания пяти октаэдров магнетита

**Параллельные срастания** (рисунок 8) образуются в процессе геометрического отбора растущих в стесненных условиях кристаллов. В процессе роста, соприкасаясь друг с другом, выживают кристаллы только в том случае, если они ориентированы субперпендикулярно к поверхности нарастания и субпараллельно друг другу.

Примером субпараллельного срастания минеральных индивидов являются друзы. *Друза* – это закономерное субпараллельное срастание минералов, возникшее в процессе геометрического отбора при их росте (рисунок 9, 10). Кристаллы друзы нарастают на минеральные стенки какой-либо полости. Верхняя часть кристаллов друзы идиоморфна и многогранна.



Рисунок 8 – Параллельные срастания шестоватых кристаллов корунда (0,3 натур. вел.)

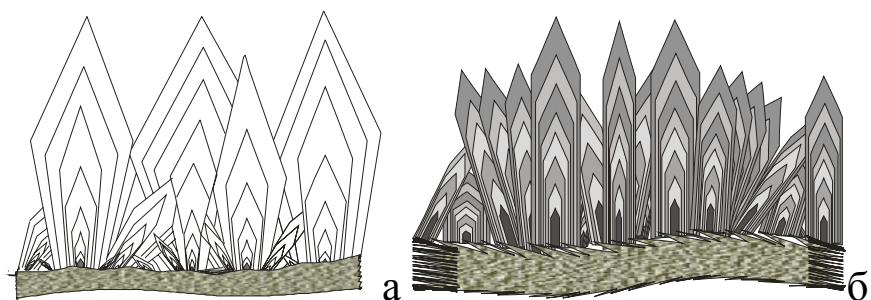


Рисунок 9 – Схема геометрического отбора при друзовом нарастании минералов



Рисунок 10 – Друзовые срастания:  
а – гематита; б – магнетита; в – кварца и кальцита

*Радиально-лучистые срастания* (сферолиты) образуются в процессе геометрического отбора минеральных индивидов, растущих из одного центра по направлению к шаровой поверхности (рисунок 11). Встречаются также *концентрически-зональные* сферолиты (например, жемчуг). В зависимости от размеров сферолиты делятся на: оолиты ( $d < 5$  мм), пизолиты ( $d > 5$  мм), конкреции ( $d > 20$  мм).

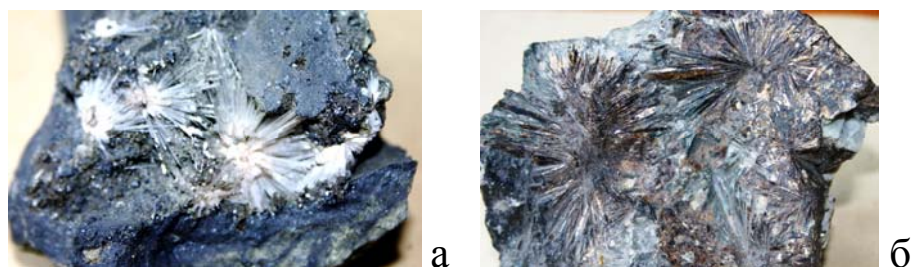


Рисунок 11 – Радиально-лучистые сферолиты:  
а – цеолиты; б – астрофилиты

**1.1.2 Текстура минералов.** Текстура характеризует форму, размеры и характер срастания **минеральных агрегатов**, отличающихся либо минеральным составом, либо структурой, в массиве руды, шлака или горной породы.

По форме минеральных агрегатов текстура может быть:

- 1) **массивная** или **однородная** – состоит из одинаковых по форме и размерам агрегатов одного минерального вида или равномерно вкрапленных разных минералов (рисунок 12);
- 2) **полосчатая** – образуется при ритмичной кристаллизации, характерна для агрегатов, кристаллизующихся из расплава или при перекристаллизации в твердом состоянии при метаморфизме (рисунок 13, а, б);
- 3) **слоистая** – образуется при осадкоотложении (рисунок 13, в - е), характерна для рыхлых минеральных агрегатов или минералов, отложившихся в рыхлом состоянии, но впоследствии зацементированных, в свою очередь делится на:
  - а. параллельно-слоистая – мощность слоя на всем протяжении одинакова;
  - б. горизонтально-слоистая;
  - с. наклонно-слоистая;
  - д. косослоистая – мощность слоя в разных участках различная, происходит выклинивание слоя в определенном направлении;
  - е. волнисто-слоистая;
  - ф. перисто-слоистая – образуется при турбулентном осаждении;
  - г. прерывисто-слоистая;
- 4) **вкрапленно-пятнистая** – состоит из среды - основной массы минералов и примесных минеральных включений, которые могут представлять собой вкрапления монокристаллов примесного минерала или пятнистые поликристаллические скопления (рисунок 14);
- 5) **текстуры деформаций** (нарушений):
  - а. трещинные – в минеральном агрегате образуются трещины, которые могут быть параллельными, скрещенными, образовывать сетку, покрывающую весь минеральный агрегат и др., рисунок 15;
  - б. прожилковые (трещины заполнены минеральным веществом), рисунок 16;
  - с. брекчие (остроугольные обломки, сцементированные более поздним минеральным веществом), прожилковые часто переходят в брекчиевые текстуры;

- d. конгломераты (крупнообломочный окатанный материал, сцементированный глинистым или карбонатным минеральным агрегатом);
- б) **колломорфная** или **метаколлоидная** – характеризуется скрытокристаллической структурой и послойной или концентрически-послойной текстурой (натечные структуры: сосульки, наплывы, сталактиты в пещерах и др.), рисунок 17.

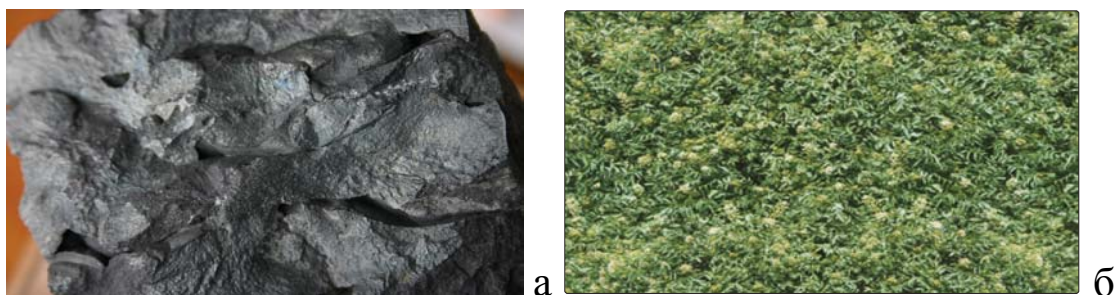


Рисунок 12 – Массивная текстура:  
а – магнетитовая руда; б – серпентинит

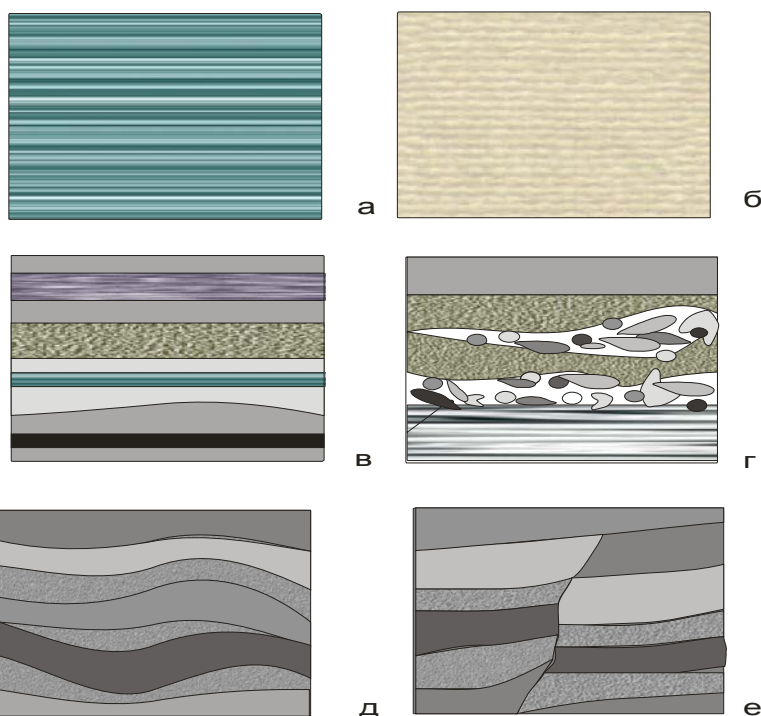


Рисунок 13 – Полосчатая и слоистая текстуры:  
а – параллельно-полосчатая; б – неясно-полосчатая;  
в – параллельно- и косо-слоистая; г – размыто-слоистая;  
д – волнисто-слоистая; е – смещено-слоистая



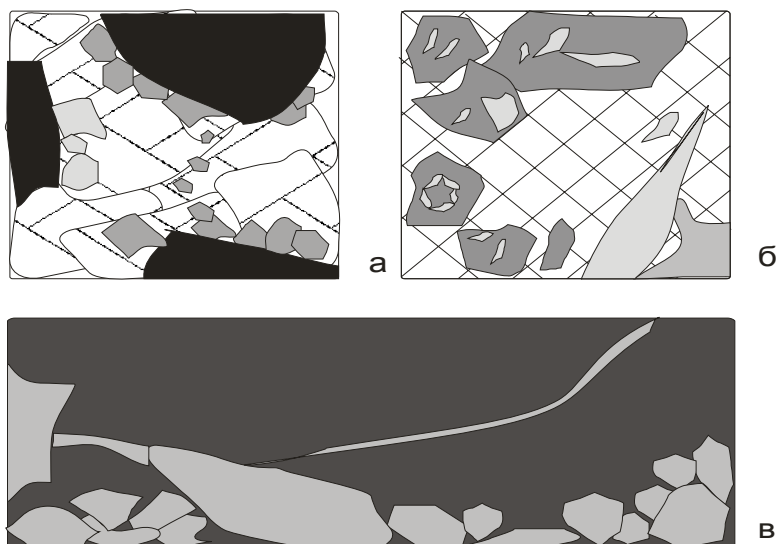


Рисунок 14 – Вкраплено-пятнистые текстуры



Рисунок 15 – Трещинные текстуры

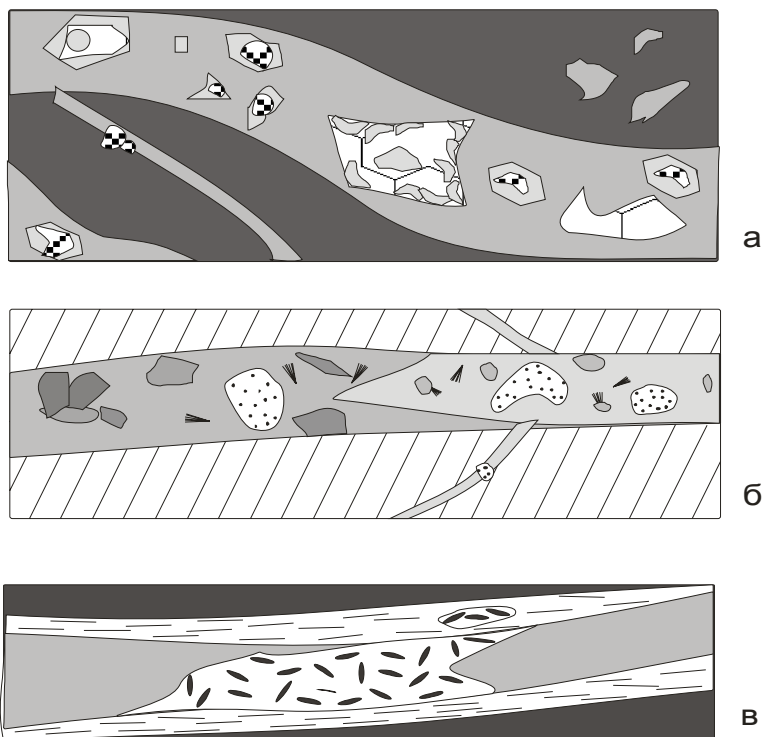


Рисунок 16 – Прожилковые текстуры



Рисунок 17 – Натечные текстуры

## 1.2 Оптические свойства минералов

**1.2.1 Цвет минералов.** Окраска минералов невольно бросается в глаза при первом же знакомстве с ними и потому является одним из важнейших свойств. В минералах различают три рода окрасок по происхождению: идиохроматическую, аллохроматическую и псевдохроматическую. Цвет минерала обусловлен избирательной поглощающей и отражающей способностью минерала к излучению разной частоты и длины световой волны.

**Идиохроматическая** окраска обусловлена химическим составом и кристаллической структурой минерала. Так, например, черный магнетит ( $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ ), желтый пирит ( $\text{Fe}_2\text{S}$ ), красная киноварь ( $\text{HgS}$ ), зеленый малахит, синие азурит и лазурит и т. д.

**Аллохроматическая** окраска обусловлена примесью красящих веществ или хромофор. К ним относятся металлы переменной валентности: Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni – элементы семейства железа, так же в меньшей степени – W, Mo, U, Cu.

Окраска некоторых минералов может быть связана с изменением однородности строения кристаллических решеток в связи с их радиационным облучением или изменением электростатического состояния ионов, способных превращаться под влиянием тех или иных причин в нейтральные или возбужденные (слабо заряженные) атомы.

Зачастую один и тот же минерал бывает окрашен в различные цвета и оттенки. Например, кварц, обычно бесцветный совершенно прозрачный (горный хрусталь), бывает окрашен в фиолетовый (аметист), розовый, желто-бурый (от окислов железа), золотистый (цитрин), серый или дымчатый (раухтопаз), густой черный (морион), наконец, в молочно-белый цвета. Такими же свойствами изменения цвета обладает каменная соль. Окраска в таких

минералах связана с посторонними тонко рассеянными механическими примесями, окрашенными в тот или иной цвет. Эти красящие вещества могут быть представлены как неорганическими, так и органическими соединениями. Часто бывает достаточно совершенно ничтожного количества их, чтобы вызвать интенсивное окрашивание бесцветных минералов, причем окраска зависит не только от количества, но и от степени дисперсности этих веществ. Подобные окраски, не зависящие от химической природы самого минерала, носят название *аллохроматических* (то есть чуждых самим минералам).

В некоторых прозрачных минералах иногда наблюдается «игра цветов», обусловленная интерференцией падающего света в связи с отражением его от внутренних поверхностей, трещин спайности, иногда от поверхности каких-либо включений. Прекрасным примером ложной окраски может служить поделочный камень лабрадорит, в котором, особенно на полированных плоскостях при некоторых углах поворота, вспыхивают местами красивые синие и зеленые переливы, обусловленные совершенной спайностью, вдоль которой выделились тончайшие пластинки ильменита. Подобные свойства минералов называют **псевдохроматизмом**.

**1.2.2 Цвет черты.** Под этим термином подразумевается цвет тонкого порошка минерала. Этот порошок легко получить, если провести испытуемым минералом черту на матовой поверхности фарфоровой пластинки. Порошок получается в виде следа на пластинке, окрашенного в тот или иной цвет, характерный для данного минерала. Этот признак по сравнению с окраской минералов является гораздо более постоянным, а, следовательно, и более надежным диагностическим признаком. Цвет черты в ряде случаев совпадает с цветом самого минерала (у киновари окраска и цвет черты красные, у магнетита – черные, у лазурита – синие, и т. д.), но может и резко отличаться (у гематита цвет кристаллического минерала стально-серый или черный, а черта красная, у пирита – цвет минерала желтый, а черта черная и т. п.).

**1.2.3 Блеск.** Блеск – это отражательная способность минералов. Падающий на минерал световой поток частью отбрасывается назад, причем частота колебаний не претерпевает изменений. Этот отраженный свет создает впечатление блеска минерала. Интенсивность блеска, то есть количество отраженного



света, тем больше, чем резче разница между скоростями света при переходе его в кристаллическую среду, то есть чем больше показатель преломления минерала. Блеск не зависит от окраски минерала. Принята следующая шкала интенсивности блеска минералов:

- *Стеклянный блеск* свойствен минералам с показателем преломления  $n = 1,3-1,9$ . Отражательная способность при стеклянном блеске менее 10 %. Сюда относятся лед ( $n = 1,309$ ), криолит ( $n = 1,34-1,36$ ), флюорит ( $n = 1,43$ ), кварц ( $n = 1,544$ ), многочисленные галоидные соединения, карбонаты, сульфаты, силикаты и другие кислородные соли; заканчивается этот ряд такими минералами, как шпинель ( $n = 1,73$ ), корунд ( $n = 1,77$ ) и гранаты ( $n$  до 1,84).
- *Алмазный блеск* характерен для минералов с показателем преломления  $n = 1,9-2,6$ . Отражательная способность при алмазном блеске от 11 до 20 %. В качестве примеров сюда следует отнести: циркон ( $n = 1,92-1,96$ ), касситерит ( $n = 1,99-2,09$ ), самородная сера с алмазным блеском на плоскостях граней ( $n = 2,04$ ), сфалерит ( $n = 2,3-2,4$ ), алмаз ( $n = 2,4-2,46$ ), гринокит ( $n = 2,5$ ), рутил ( $n = 2,62$ ), часто обладающий полуметаллическим блеском, свойственным густоокрашенным разностям.
- *Полуметаллический блеск* – для прозрачных и полупрозрачных минералов с показателем преломления (для Li-света)  $n = 2,6-3,0$ . Отражательная способность при полуметаллическом блеске от 20 до 25 %. Например, алабандин ( $n = 2,7$ ), куприт ( $n = 2,85$ ), киноварь ( $n = 2,91$ ).
- *Металлический блеск* - для минералов с показателями преломления  $n$  выше 3. Отражательная способность при металлическом блеске более 25 %. В порядке возрастающей отражательной способности: гематит ( $n = 3,01$ ), пиролюзит кристаллический, молибденит, пирротит, антимонит, галенит, халькопирит, пирит, арсенопирит, висмут и др.

Эти четыре основных блеска в зависимости от структуры поверхности минерала имеют разновидности, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Разновидности блеска

Структура поверхности	Разновидности блеска
совершенно гладкая	зеркальный
шероховатая	матовый
зернистая	сахаровидный
волокнистая	шелковистый
слоистая	перламутровый
поверхность растворенная, оплавленная	жирный, восковой, маслянистый

**1.2.4 Прозрачность.** Прозрачность – это способность минерала пропускать лучи видимого спектра. Различают прозрачные, полупрозрачные и непрозрачные минералы.

### 1.3 Механические свойства минералов

**1.3.1 Спайность и излом.** Спайностью называется способность кристаллов и кристаллических зерен раскалываться или расщепляться по определенным кристаллографическим направлениям. Это свойство обусловлено решетчатым строением кристаллов. При ударе минерал раскалывается по плоскостям, соответствующим плоским сеткам с максимальной ретикулярной плотностью и ослабленными межплоскостными связями. Спайность не зависит от внешней формы минерала, у ромбоэдрических, скаленоэдрических и призматических кристаллов или зерен кальцита всегда наблюдается спайность по ромбоэдру. Спайность является характерным признаком при диагностике минерала.

По степени совершенства спайной поверхности различают:

- Спайность *весьма совершенная* (слюда, хлориты). Кристалл способен расщепляться на тонкие листочки с зеркально гладкой поверхностью. Получить излом иначе как по спайности весьма трудно.
- Спайность *совершенная* (кальцит, галенит, галит и др.). При ударе молотком всегда получают выколки по спайности, внешне очень напоминающие настоящие кристаллы. Однако спайная поверхность зеркальная, но тонко слоистая.
- Спайность *средняя* (плагиоклаз, ортоклаз, роговая обманка и др.). На обломках минералов отчетливо наблюдаются как плоскости спайности, так и неровные изломы по случайным

направлениям. Структура спайной поверхности грубо слоистая, ступенчатая.

- Спайность *несовершенная* (апатит, касситерит, самородная сера, оливин и др.). Спайные плоскости обнаруживаются с трудом, их приходится искать на обломке минерала. Изломы распространены и, как правило, представляют собой неровные поверхности.
- Спайность *весьма несовершенная*, то есть практически отсутствует (корунд, золото, платина, магнетит и др.). Она обнаруживается в исключительных случаях в форме ограниченных по площади ровных плоскостей. Минералы с такой спайностью обычно имеют раковистый излом, похожий на поверхность раковины с концентрически расходящимися слоями.

**1.3.2 Твердость.** Твердость – это способность минерала противостоять внедряющему или царапающему воздействию другого эталонного по твердости минерала.

В обычной минералогической практике применяется наиболее простой способ определения твердости царапанием одного минерала другим, то есть устанавливается относительная твердость минералов. Для оценки этой твердости принимается шкала Мооса, представленная десятью минералами, из которых каждый последующий своим острым концом царапает все предыдущие. За эталоны этой шкалы приняты следующие минералы в порядке твердости от 1 до 10 баллов:

1. (8 HV) - тальк – мягче кожи
2. (50 HV) - гипс – мягче ногтя
3. (170 HV) - кальцит
4. (190 HV) - флюорит
5. (550 HV) - апатит – равен стеклу и стальному ножу
6. (800 HV) - ортоклаз
7. (1100 HV) - кварц
8. (1400 HV) - топаз
9. (2100 HV) - корунд
10. (12500 HV) - алмаз

Определение твердости исследуемого минерала производится путем установления, какой из эталонных минералов он царапает

последним. Например, если исследуемый минерал царапает апатит, а сам царапается ортоклазом, то это значит, что его твердость заключается между 5 и 6.

#### 1.4 Прочие свойства минералов

Существует очень немного минералов, которые обладают явно выраженными *магнитными свойствами*. Сильными ферромагнитными свойствами обладает магнетит –  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ . Минералы со слабыми парамагнитными свойствами легко притягиваются магнитом (бедные серой разновидности пирротина). Диамагнитным минералом, отталкивающимся магнитом, является сфалерит. Испытание на магнитность производится с помощью свободно вращающейся магнитной стрелки, к концам которой подносится испытуемый образец.

*Запах*, издаваемый некоторыми минералами при ударе или разломе, иногда указывает на присутствие тех или иных элементов в руде. Например, самородный мышьяк, арсенопирит ( $\text{FeAsS}$ ) и некоторые другие арсениды металлов при резком ударе издают характерный чесночный «запах мышьяка», особенно сильно чувствуемый при нагревании и прокаливании на огне. Нефтяные газы часто содержат сероводород, обладающий также характерным запахом.

Некоторые минералы, особенно в порошковатых массах, иногда легко узнаются *на ощупь*. Тальк на ощупь кажется жирным, чем отличается от похожего на него пиррофиллита.

При определении качества некоторых полезных ископаемых, употребляемых в пищу, прибегают к *вкусовым ощущениям*, например галит обладает нормально соленым, а похожий на него сильвин - горько соленым вкусом.

Карбонаты, похожие друг на друга, можно диагностировать по *реакции с соляной кислотой*: кальцит бурно вскипает, доломит реагирует только в виде порошка, магнезит не вступает в реакцию.

*Удельный вес* минерала – это безразмерная единица, равная отношению плотности минерала к плотности воды. Рудные минералы, содержащие тяжелые элементы, как правило, обладают высоким удельным весом. Большим удельным весом обладают минералы с металлическим и полуметаллическим блеском. Минералы со стеклянным блеском обычно имеют малый удельный вес. Исключение составляет барит  $\text{BaSO}_4$ .

## **2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

Для выполнения лабораторной работы «Определение минералов» каждому студенту выдается девять минеральных образцов. Образцы могут состоять из одного, двух и более минералов. Задача студента заключается в подробном описании и определении всех минералов, входящих в состав образцов.

Для описания минералов студентам на кафедре выдаются: эталонная шкала твердости, разбавленная соляная кислота, компас для диагностики магнитных свойств минералов, лупа для изучения структурно-текстурных особенностей минеральных индивидов и агрегатов, фарфоровая лодочка для определения цвета черты или цвета минерала в порошке.

## **3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

Диагностировать минеральные образцы необходимо последовательно. Только после того, как описали и определили все минералы первого образца и защитили его, можно переходить к диагностике следующего.

Изучение оптических свойств минерала, прежде всего, необходимо начинать с определения цвета со всеми его оттенками и цвета черты минерала. Далее следует определить основной блеск, зависящий от показателя преломления минерала, и разновидность блеска, зависящую от структуры поверхности минерала.

Для определения твердости минерала сначала нужно воспользоваться стеклом, стальным ножом или иглой, твердость которых составляет 5 баллов по шкале Маоса. Если исследуемый минерал царапает стекло, но не царапается иглой, значит, его твердость больше 5 баллов, если нет – меньше 5 баллов. После этого можно воспользоваться эталонной шкалой твердости и аналогично, только используя вместо стекла эталонные минералы, наиболее точно определить твердость. Если исследуемый минерал имеет твердость больше 5 баллов, при работе с эталонной шкалой следует начинать с минерала с твердостью 6 баллов – с ортоклаза. Если изучаемый образец царапает ортоклаз, значит, он тверже, и далее следует работать с кварцем, твердость которого 7 баллов. И так до тех пор, пока не дойдете до минерала шкалы, который царапает ваш образец. Например, определили, что исследуемый минерал царапает ортоклаз с твердостью 6 баллов, но царапается

кварцем с твердостью 7 баллов, тогда твердость исследуемого минерала составляет 6-7 или 6,5 баллов. Если изучаемый образец одновременно царапает и сам царапается эталонным минералом, значит, их твердость одинакова.

Далее следует перейти к диагностике спайности минерала по форме спайных обломков и степени совершенства спайной поверхности.

Затем у темноцветных минералов проверить наличие магнитных свойств. Светлые минералы следует проверить на реакцию с разбавленной соляной кислотой. Также необходимо изучить плотность или удельный вес минерала, а также наличие прочих свойств – запаха, в исключительных случаях вкуса.

После этого можно приступить к описанию его структуры и текстуры. На это необходимо обратить особое внимание, поскольку описание формы кристаллов требует внимательного исследования образца, и играет весьма значимую диагностическую и технологическую.

В процессе диагностики минерала необходимо заполнять соответствующие графы таблицы отчета, пример оформления которой представлен ниже.

Когда описание выполнено, необходимо, пользуясь ключом в таблице 1 «Определителя минералов», выяснить название минерала. Сравнить выполненное описание с описанием минерального вида, приведенным в «Определителе минералов». Если свойства минералов совпадают, заполнить в отчете графы: минерал, химический состав, генезис и области применения в промышленности.

Если в образце есть другие минералы, то для сокращения поисков следует воспользоваться графой «Парагенезис» для описанного минерала.

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Пример оформления лабораторной работы «Описание и определение минералов» представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Образец оформления лабораторной работы «Описание и определение минералов»

№ образца	3 / 7		
Минерал	Магнетит	Кальцит	Пирит
Хим. состав	$\text{FeFe}_2\text{O}_4$ (Fe=72,4%) Содержание: в образце магнетита 0,9 или 90%; $\text{Fe}=72,4*0,9=65,16\%$	$\text{CaCO}_3$ (CaO=56%) Содержание в образце: кальцита 0,1 или 10%; $\text{CaO}=56*0,1=5,6\%$	$\text{FeS}_2$ Fe=46.6, S=53,4% Содержание в образце: пирита 0,005 или 0,5%; $\text{Fe}=46.6*0,005=0,23\%$ ; $\text{S}=53,4*0,005=0,24\%$
Огранка	Октаэдрическая на кристаллах друзы	Отсутствует	Пентагондодекаэдрическая
Структура	Изометричный, крупно-среднезернистый, беспорядочно-зернистый, переходящий на стенке полости в друзовый	Изометричный, среднезернистый, беспорядочно-зернистый в мелких пятнистых скоплениях	Единичные, изометричные, крупные (до 2-х мм) ограненные кристаллы, вкрапленные в магнетитовый агрегат
Текстура	Вкраплено-пятнистая за счет единичных пентагондодекаэдрических крупных вкраплений пирита и линзовидных пятнистых скоплений кальцита в магнетите		
Цвет	Черный	Серовато-белый	Желтый
Цвет черты	Черный	Белый	Черный
Блеск: главный и второстепенный	Полуметаллический, на гранях кристаллов зеркально-металлический до алмазного блеска	Стеклянный, жирный на поверхности, протравленной кислотой, зеркально-перламутровый на свежем спайном сколе	Металлический
Твердость	5	3	6,5
Спайность	Несовершенная	Совершенная по ромбоэдру	Несовершенная
Прочие св-ва:	Сильно магнитен	Бурно реагирует с HCl	-
Применение	Главный железорудный минерал	Флюс в металлургии, с/х, оптика, строительство, образует известняк (скрыто-кристаллический) и мрамор (кристаллический зернистый)	Производство серной кислоты и железа. Носитель серы - вредной технологической примеси в черной металлургии
Применение образца	Богатая (Fe = 65,4 %) малосернистая (S = 0.24 %) природно-офлюсованная (CaO = 5,6 %) магнетитовая руда может без агломерации использоваться в производстве чугуна и стали		

## **5 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

С образцами минералов следует обращаться аккуратно, ни в коем случае не ронять и не бросать их.

В процессе определения твердости минералов при работе со стальным ножом, иглой или стеклом, необходимо быть предельно осторожными во избежание порезов и царапин. При работе со стеклом нельзя проводить диагностику, держа стекло в руке, поскольку под давлением твердого минерала оно может разломиться. Необходимо положить стекло на стол и только после этого проверять твердость минерала.

При работе с разбавленной соляной кислотой следует избегать попадания кислоты на поверхность кожи, в глаза или в рот. Если же это произошло, достаточно промыть пораженные участки водой.

## **6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Понятие о кристалле и кристаллических веществах.
2. Основные сведения о кристаллизации вещества.
3. Зарождение кристаллов.
4. Понятие о минерале, руде и породе. Промышленная классификация минералов.
5. Основные свойства кристаллов.
6. Понятие об огранке, габитусе и облике минералов.
7. Классификация минералов по облику, размеру минеральных индивидов и степени идиоморфизма.
8. Классификация структур по относительному и абсолютному размеру.
9. Особые формы минеральных агрегатов: друзы, сферолиты, натечные формы.
10. Оптические (цвет, цвет черты, блеск, прозрачность) свойства минерала.
11. Механические (твердость, спайность, излом) свойства минералов.
12. Морфология минералов. Понятие о структуре и текстуре.
13. Парагенезис минералов.
14. Общие сведения об эндогенных, экзогенных и метаморфогенных процессах минералообразования.



15. Пегматитовые, контактово-метасоматические (скарновые) и гидротермальные процессы. Месторождения полезных ископаемых, связанные с этими процессами.
16. Экзогенные процессы: выветривание и осадкообразование (физическое, химическое и биохимическое). Месторождения полезных ископаемых.
17. Метаморфические процессы: контактовый и региональный метаморфизм, месторождения полезных ископаемых.
18. Кинетические типы кристаллизации.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Бетехтин А.Г. Минералогия / А.Г. Бетехтин – М: Гос. изд. геол. лит., 1950. – 957 с.
2. Булах А.Г. Минералогия с краткими сведениями по кристаллографии / А.Г. Булах - Л., 1989. – 435 с.
3. Гумилевский С.А. Кристаллография и минералогия / С.А. Гумилевский, В.М. Киршон, Г.П. Луговской – М.: Высшая школа, 1972. – 280 с.
- 4.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ .....	4
1.1 Морфологические особенности минералов .....	5
1.2 Оптические свойства минералов.....	15
1.3 Механические свойства минералов .....	18
1.4 Прочие свойства минералов .....	20
2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ .....	21
3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	21
4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА .....	23
5 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ .....	24

Учебное издание

Составители:

Пермяков Арнольд Аркадьевич  
Назарова Анастасия Александровна

## **МОРФОЛОГИЯ И СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ**

Лабораторный практикум по курсу  
«Основы кристаллографии и минералогии»  
для студентов специальностей:

- 150101 - Metallургия черных металлов, специализации:  
«Metallургия чугуна», «Metallургия стали»;
- 150104 - Литейное производство черных и цветных металлов,
- 150102 - Metallургия цветных металлов,
- 240301 - Химическая технология неорганических веществ,
- 130404 - Подземная разработка месторождений полезных  
ископаемых: специализация «Подземная разработка  
рудных и нерудных месторождений»

Редактор Н.И. Суганяк

Подписано в печать

Формат бумаги 60<sup>x</sup>84 1/16 Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл. печ. л.    . Уч-изд. л.    Тираж    экз. Заказ

Сибирский государственный индустриальный университет  
654007 г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42  
Типография СибГИУ