

Министерство образования и науки Российской Федерации
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

С.В. Попов

ПРАКТИКУМ ПО КРИСТАЛЛОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИИ И ПЕТРОГРАФИИ

*Допущено Учебно-методическим объединением
по направлениям педагогического образования
Министерства образования и науки Российской Федерации
в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по направлению
540100 (050100) «Естественно-научное образование»*

Магнитогорск
2012

УДК 548+549+552(0.75.8)

Рецензенты:

Заведующий кафедрой геохимии Санкт-Петербургского
государственного университета, профессор,
доктор геолого-минералогических наук
В.В. Гавриленко

Заведующий кафедрой физической географии и геологии
Российского государственного педагогического университета
им. А.И.Герцена, профессор,
доктор геолого-минералогических наук
Г.И. Юренков

Доцент кафедры физической географии и геологии Российского
государственного педагогического университета им. А.И.Герцена,
кандидат геолого-минералогических наук
Е.М.Нестеров

Попов, С.В.

Практикум по кристаллографии, минералогии и петрографии:
учеб. пособие / С.В. Попов. – 3-е изд. – Магнитогорск: Изд-во Маг-
нитогорск. гос. техн. ун-та, 2012. – 93 с.
ISBN 5-89514-638-4

Практикум предназначен для аудиторных и самостоятельных лабо-
раторных занятий для студентов негеологических специальностей. Он
содержит краткие теоретические положения по геометрической кристал-
лографии, минералогии и петрографии, определители для кристаллов,
минералов и горных пород, вопросы для самопроверки и справочные ма-
териалы о главнейших минералах и горных породах, а также задания для
заочников. Практикум предназначен для студентов горных, металлургиче-
ских и строительных специальностей и студентов–географов.

УДК 548+549+552(0.75.8)

ISBN 5-89514-638-4

© Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г.И. Носова, 2012
© Попов С.В., 2004
© Попов С.В., 2012

ВВЕДЕНИЕ

Кристаллография, минералогия и петрография являются базовыми для изучения большинства геологических дисциплин*. В пособии приводятся основные теоретические положения по этим предметам, а также методические указания для лабораторных занятий с моделями кристаллов, минералами и горными породами. Составлены таблицы-определители главнейших минералов и горных пород и справочное описание их в алфавитном порядке.

Пособие предназначено как для аудиторных, так и самостоятельных занятий студентов с учебными коллекциями. В конце каждого раздела есть вопросы для самопроверки и задания по письменным контрольным заданиям для заочников. Пособие может служить для повторения материала перед сдачей зачета и экзамена.

Пособие предназначается для студентов всех негеологических специальностей: горных: 090100, 090200, 090300, 090500, 091000, металлургических: 110100, 110400, 250800, строительных: 290300, 290500, 290600, 290700, 291000 и географических: 012500 и 032500. Его могут использовать учащиеся средних школ, занимающиеся в минералогических и краеведческих кружках.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ КРИСТАЛЛОГРАФИИ

КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО, ЕГО СТРОЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

Твердое вещество, в зависимости от характера расположения частиц, может быть аморфным или кристаллическим. Частицы аморфного вещества расположены в пространстве беспорядочно. Кристаллическое вещество характеризуется закономерным расположением элементарных частиц в пространстве. В кристаллическом веществе частицы (атомы, ионы или молекулы) располагаются упорядоченно в узлах пространственных решеток. Кристаллами называют природные многогранники. Элементы ограничения пространства в кристалле: плоскости – грани, линии пересечения граней – ребра и вершины – точки пересечения ребер.

* Попов С.В. Практикум по кристаллографии, минералогии и петрографии: учеб. пособие. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2005.

Важнейшими свойствами кристаллического вещества являются его однородность и анизотропность. Однородным называется тело, которое во всем своем объеме в данном (выбранном) направлении обнаруживает одинаковые свойства. Анизотропным называется такое однородное тело, которое при одинаковых свойствах по параллельным направлениям обладает, в общем случае, неодинаковыми свойствами по непараллельным направлениям.

Совокупность узлов, лежащих вдоль прямой и повторяющихся через равные промежутки, называется рядом узлов пространственной решетки (рис. 1,а).

$A_1, A_2, A_3, A_4, \dots$ – узлы решетки;

$a_1, a_2, a_3, \dots$ – межузловые расстояния.

Основное свойство ряда $a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n$.

Плоская сетка – совокупность узлов, расположенных в одной плоскости и находящихся в вершинах системы равных параллелограммов, параллельно ориентированных и смежных по целым сторонам (рис. 1,б). В плоской сетке

$$a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n; b_1 = b_2 = b_3 = \dots = b_n.$$

Пространственная решетка – совокупность узлов, расположенных в вершинах равных параллелепипедов, параллельно ориентированных и смежных по целым граням (рис. 1,в). В пространственной решетке

$$a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n; b_1 = b_2 = b_3 = \dots = b_n;$$

$$c_1 = c_2 = c_3 = \dots = c_n.$$

Межузловые расстояния a, b, c и углы между рядами узлов α, β, γ называются параметрами пространственной решетки (рис. 2). В зависимости от величин параметров, существуют семь систем ячеек кристаллической решетки (рис. 3,а–ж).

Выше рассматривались лишь примитивные типы ячеек пространственных решеток. За счет расположения в ячейке дополнительных узлов количество типов ячеек в системах может достигать до четырех, а общее количество типов решеток (по О. Бравэ) составлять 14 (рис. 4).

Из рис. 3 и 4 видно, что различные плоские сетки обладают различной плотностью узлов, а межузловые расстояния по неодинаковым направлениям чаще всего неодинаковы. Количество уз-

лов, приходящихся на единицу площади плоской сетки или на единицу длины ряда, называется их ретикулярной плотностью.

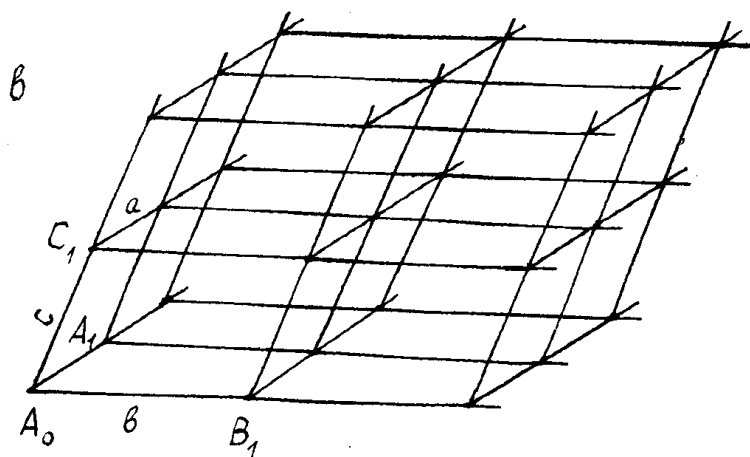
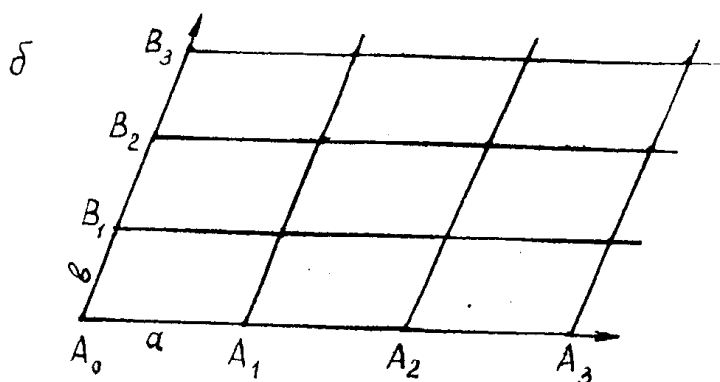
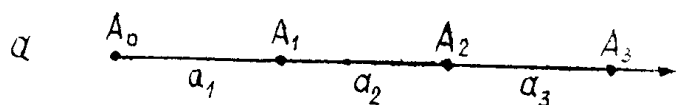


Рис. 1. Элементы кристаллической решетки:
а – ряд узлов; б – плоская сетка; в – пространственная решетка

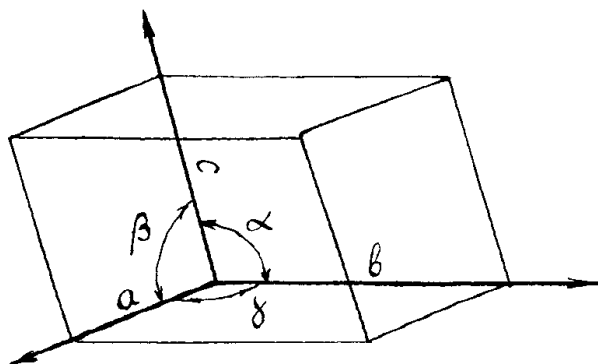


Рис. 2. Параметры кристаллической решетки

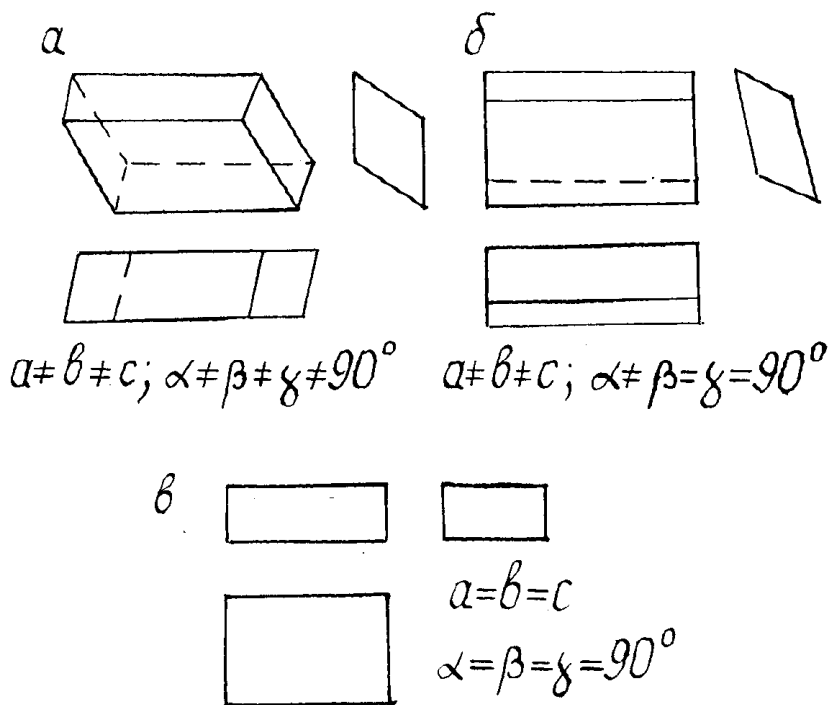
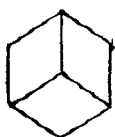
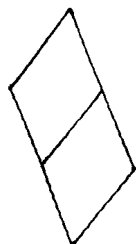


Рис. 3. Проекция ячеек пространственных решеток:
а – триклинной; б – моноклинной; в – ромбической

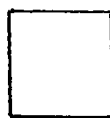
2



$$a=b=c$$

$$\alpha=\beta=\gamma\neq 90^\circ$$

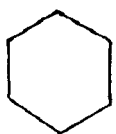
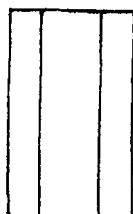
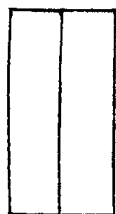
д



$$a=b\neq c$$

$$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$$

е

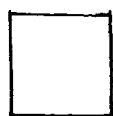
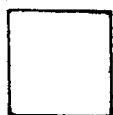


$$a=b\neq c$$

$$\alpha=\beta=90^\circ$$

$$\gamma=120^\circ$$

ж



$$a=b=c$$

$$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$$

Рис. 3. (Окончание). Проекция ячеек пространственных решеток:
г – тригональной; д – тетрагональной;
е – гексагональной; ж – кубической

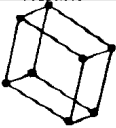
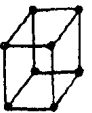
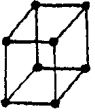
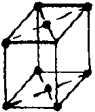
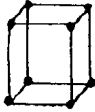
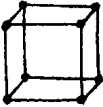
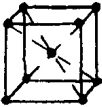
Тип решетки	Примитивная	Базоцентрированная	Объемноцентрированная	Гранецентрированная
Триклинная				
Моноклинные				
Ромбическая				
Тетрагональная				
Тригональная				
Гексагональная				
Кубическая				

Рис. 4. Ячейки решеток Бравэ

Связь внутреннего и внешнего строения кристаллов состоит в следующем: грани кристаллов совпадают с плоскими сетками, ребра – с рядами узлов с максимальной ретикулярной плотностью, а вершины – с узлами кристаллической решетки.

Рост кристаллов в лабораторных или естественных условиях проявляется в увеличении их размеров, то есть в увеличении расстояния между гранями и центром кристаллизации. Новые слои вещества откладываются так, что грани как бы передвигаются параллельно самим себе. Скоростью нарастания грани называется длина нормального к ее плоскости отрезка, на который данная грань передвигается за единицу времени (рис. 5). Вследствие движения граней параллельно самим себе, углы между двумя любыми гранями растущего кристалла остаются постоянными.

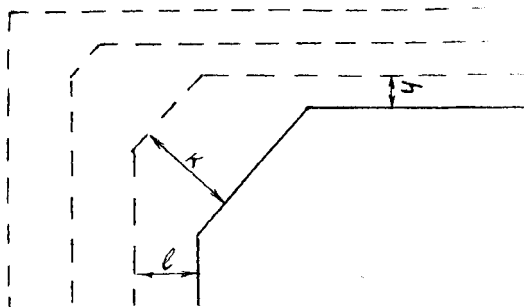


Рис. 5. Схема роста кристаллов

Поскольку кристаллы одного вещества тождественны по внутреннему строению, то во всех кристаллах, принадлежащих к одной полиморфной модификации одного вещества, при одинаковых условиях углы между соответствующими гранями (и ребрами) постоянны (закон Стено-Ломоносова-Роме-Делиля).

Грани, соответствующие плоским сеткам с большей ретикулярной плотностью узлов, чаще всего обладают наименьшими скоростями роста. Грани с небольшой ретикулярной плотностью узлов в процессе роста уменьшаются по площади или совершенно исчезают (см. рис. 5). Поэтому грани и ребра реальных кристаллов соответствуют плоским сеткам и рядам с большей ретикулярной плотностью частиц (рис. 6). На рис. 7 показаны возможные случаи расположения граней в кубической решетке.

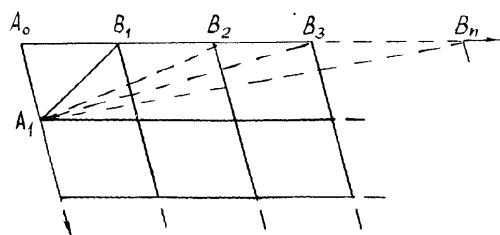


Рис. 6. Возможные случаи следа грани АВ на плоской сетке

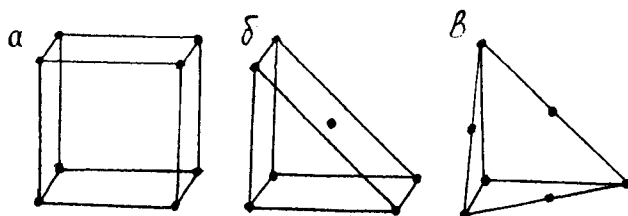


Рис. 7. Некоторые грани в кубической решетке:
а – примитивная; б – объемно центрированная;
в – гранецентрированная

СИММЕТРИЯ КРИСТАЛЛОВ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РЕШЕТОК

Греческое слово симметрия в переводе на русский язык означает соразмерность.

Симметрия – это свойство геометрических фигур проявлять равенство относительно вспомогательных геометрических образов (точек, прямых, плоскостей), называемых элементами симметрии.

Точка внутри фигуры, характеризующаяся тем, что любая проведенная через нее прямая по обе стороны от нее и на равных расстояниях встречает одинаковые (соответственные) точки фигуры, называется центром инверсии.

На рис. 8,а видно, что для нахождения точки A_1 , центрально-симметричной точке А относительно центра инверсии С, нужно отложить на прямой, проходящей через точки А и С, в противоположном направлении точке А отрезок A_1C , равный AC . Положение двух симметричных отрезков АВ и A_1B_1 относительно С определяется равенствами $AC = A_1C$ и $BC = B_1C$ (рис. 8,б). Центральная симметрия грани определяется, по меньшей мере, симметрией трех пар точек (рис. 8,в).

$$AC = A_1C ; DC = D_1C ; DC = D_1C.$$

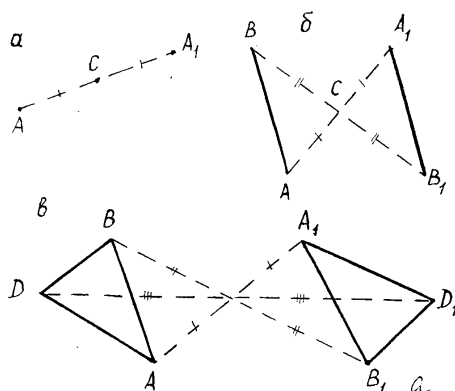


Рис.8. Центральная симметрия:

а – точки; б – отрезка прямой; в – обратнопараллельные грани

Очевидно, что:

$$AB = A_1B_1 ; AD = A_1D_1 ; BD = B_1D_1,$$

а также $ABD = A_1B_1D_1$.

Следовательно, при наличии центра инверсии каждой грани отвечает грань, равная и обратнопараллельная первой.

Если, положив на стол многогранник, мы обнаружим для любой грани равную и обратнопараллельную ей грань сверху, то центр инверсии имеет место. Если хотя бы для одной грани нет противоположной равной и обратнопараллельной ей грани, центр инверсии отсутствует (рис. 9).

Плоскостью симметрии P называется такая плоскость, которая делит фигуру на две зеркально равные части, расположенные относительно друг друга как предмет и его зеркальное отражение.

Необходимым и достаточным условием плоскостной симметрии двух точек A и A_1 является их нахождение по обе стороны плоскости P на прямой, перпендикулярной плоскости P (рис. 10,а), и на равных расстояниях от нее, то есть:

$$AA_1 \perp P \text{ и } AP = A_1P.$$

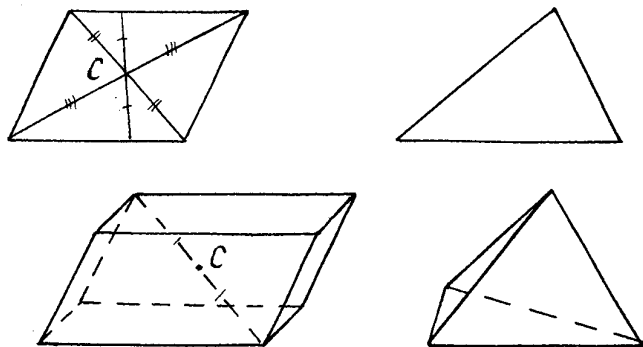


Рис. 9. Фигуры, имеющие центр инверсии (слева) и не имеющие его (справа)

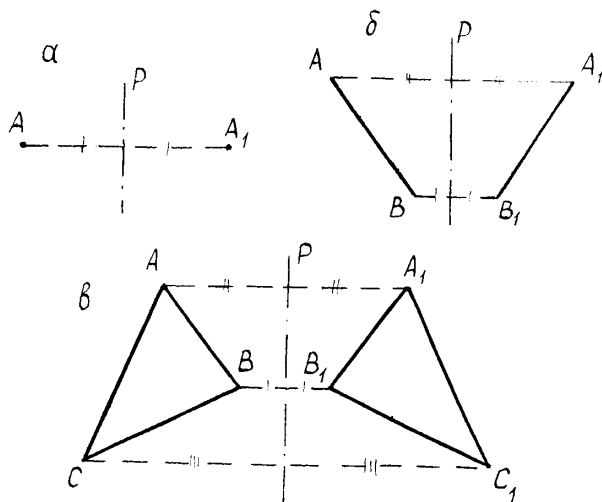


Рис. 10. Плоскостная симметрия:
а – точки; б – отрезка прямой; в – грани

Два отрезка прямой, симметричные относительно плоскости P , должны иметь хотя бы по две точки, симметричные относительно плоскости P (рис. 10,б), то есть

$$AA_1 \perp P \text{ и } BB_1 \perp P; AP = A_1P \text{ и } BP = B_1P.$$

Две грани многогранника, симметричные относительно плоскости P , имеют не менее трех пар точек, симметричных относительно плоскости P (рис. 10,в).

$AA \perp P, BB \perp P, CC \perp P; AP = A_1P, BP = B_1P, CP = C_1P.$

Кристаллы могут иметь одну, две, три, четыре, пять, шесть, семь и девять плоскостей симметрии. Примеры на рис. 11. Плоскости симметрии могут проходить через середины граней и ребер перпендикулярно им, через ребра и вершины.

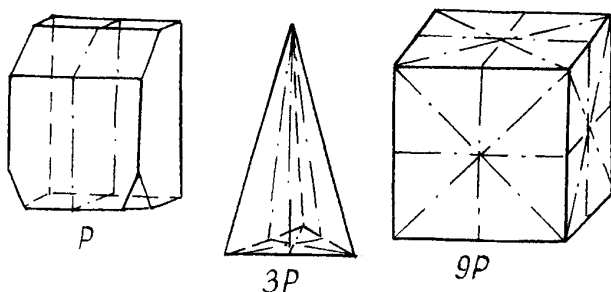


Рис. 11. Плоскости симметрии в объемных фигурах

Осью симметрии называется прямая линия, при вращении вокруг которой как бы повторяются несколько раз соответствующие элементы фигуры.

Наименьший угол, приводящий фигуру в самосовмещение, называется элементарным углом поворота (α). Элементарный угол может равняться 360, 180, 120, 90 и 60°. Соответственно этому существуют оси симметрии первого L_1 , второго L_2 , третьего L_3 , четвертого L_4 и шестого L_6 порядков (рис. 12).

Порядок оси симметрии отвечает числу, показывающему, сколько раз элементарный угол поворота содержится в 360°.

Одновременно порядок оси дает число совмещений фигуры при полном повороте вокруг данной оси (табл. 1).

Осей пятого порядка с элементарным углом 72° в кристаллах не бывает. Оси симметрии могут проходить в кристаллах через центры граней и ребер перпендикулярно им, через вершины.

Инверсионной осью называется прямая линия, при повороте вокруг которой на некоторый угол с последующим (или предварительным) отражением в центральной точке фигуры, как в центре инверсии, фигура совмещается сама с собой.

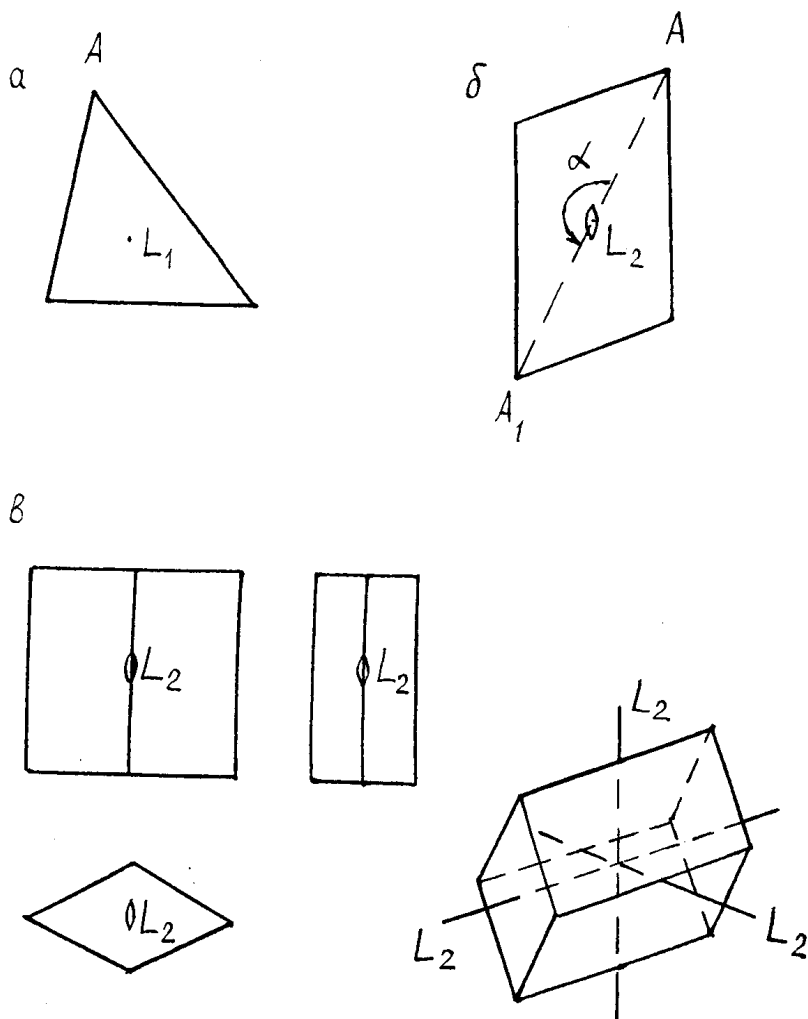


Рис. 12. Оси симметрии:
а – первого порядка; б – второго порядка в плоской фигуре;
в – три оси второго порядка в ромбической призме

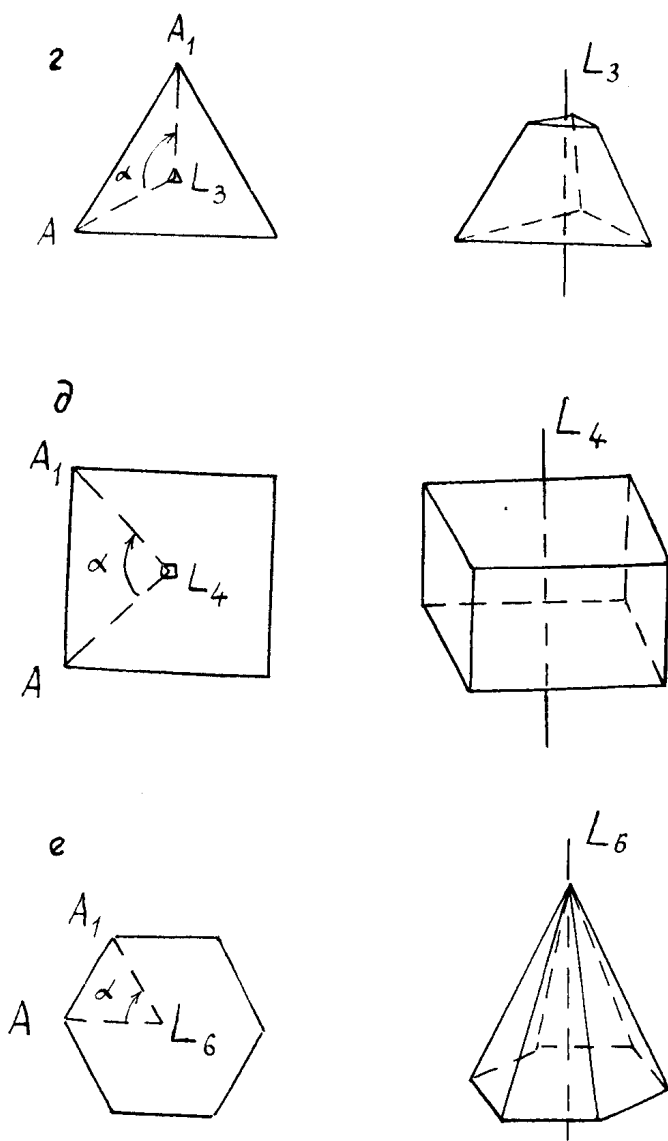


Рис. 12. (Окончание). Оси симметрии:
г – третьего порядка; д – четвертого порядка; е – шестого порядка

Существуют инверсионные оси четвертого (рис. 13,б) и шестого порядков (рис. 13,а). На рис. 13,а видно, что отрезок $A_V B_V$ центрально симметричен СД, а из рис. 13, б видно, что грань $A_1 B_1 C_1$ центрально симметрична грани ВСД. Инверсионная ось четвертого порядка L_{i4} внешне воспринимается как ось L_2 .

$$L_{i4} = L_2.$$

Таблица 1

Характеристики осей симметрии кристаллов

Оси симметрии	Индекс	Элементарный угол поворота, °	Порядок оси	Номер рисунка
Первого порядка	L_1	360	1	12, а
Второго порядка	L_2	180	2	12, б, в
Третьего порядка	L_3	120	3	12, г
Четвертого порядка	L_4	90	4	12, д
Шестого порядка	L_6	60	6	12, е

Инверсионная ось шестого порядка имеет место при наличии оси третьего порядка и перпендикулярной ей плоскости симметрии.

$$L_{i6} = L_3 P(L_3).$$

Действие инверсионных осей порядка ниже четырех не учитывается, так как справедливы равенства

$$L_{i1} = C; L_{i2} = P; L_{i3} = L_3 C.$$

Существуют элементы симметрии в бесконечных фигурах (кристаллических решетках): плоскость скользящего отражения и винтовые оси третьего, четвертого и шестого порядков, которые являются совокупностью плоскости или осей симметрии с параллельным продвижением исходной точки (рис. 14 и 15). Детально о винтовых осях см. в учебнике Попова Г.М., Шафрановского И.И. (любое издание).

Два элемента симметрии неминуемо влекут за собой третий – равнодействующий, действие которого равно сумме действий первых двух (и в частности):

1. Линия пересечения двух плоскостей симметрии всегда является осью симметрии, элементарный угол поворота которой вдвое больше угла между плоскостями симметрии.

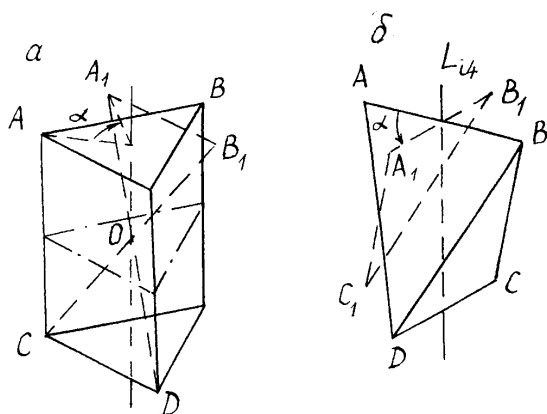


Рис. 13. Инверсионные оси:
а – шестого порядка; б – четвертого порядка

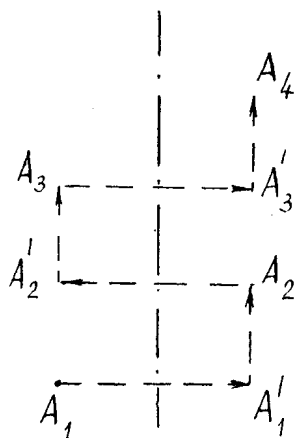


Рис. 14. Плоскость скользящего
отражения

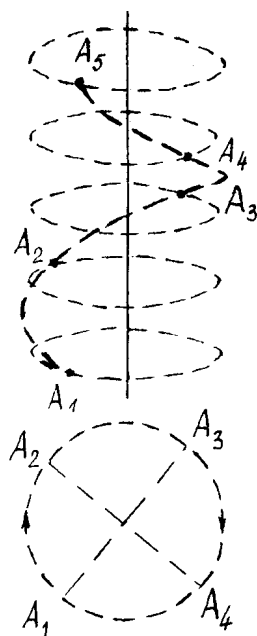


Рис. 15. Винтовая ось
четвертого порядка

2. При наличии двух пересекающихся осей симметрии существует третья равнодействующая ось, проходящая через точку пересечения первых двух.

3. При наличии центра инверсии C и четной оси L_{2n} перпендикулярно последней проходит плоскость симметрии P ; имеет место сочетание $L_{2n}PC$.

4. В присутствии оси симметрии порядка n (L_n) и перпендикулярной к ней оси второго порядка имеется всего n таких осей, сочетание $L_n n L_2 (\perp L_n)$.

5. В присутствии оси симметрии порядка n (L_n) и плоскости симметрии P , проходящей вдоль этой оси, имеется всего n таких плоскостей, сочетание $L_n n P (\parallel L_n)$.

Разберите эти положения на примерах (рис. 11, 12, 16-23) и на моделях кристаллов, а также проанализируйте с табл. 2.

Единственное, не повторяющееся в кристалле направление, называется единичным. Повторяющиеся направления, связанные элементами симметрии, называются симметрично-равными. Единичные направления могут проходить через центр инверсии, находиться в плоскости симметрии или ориентироваться нормально к ней, совпадать с осями L_3 , L_4 и L_6 . Единичные направления не могут пересекаться под косым углом с плоскостями и осями симметрии, а также не могут проходить перпендикулярно к осям порядка выше двух.

Классом симметрии кристаллического многогранника называется полная совокупность его элементов симметрии.

Существуют лишь 32 класса симметрии кристаллов (см. табл. 2).

Сингонией называется группа классов симметрии, обладающих одним или несколькими сходными элементами симметрии при одинаковом числе единичных направлений. Каждая горизонтальная строка в табл. 2 соответствует определенной сингонии. Существенно отметить, что симметрия кристаллов определенной сингонии соответствует симметрии элементарной ячейки кристаллической решетки (см. рис. 3). Семь сингоний группируются в три категории: низшую, среднюю и верхнюю (табл.3).

Таблица 2

32 класса симметрии кристаллов

Категория	Сингония	Классы симметрии						
		Примитивный	Центральный	Планальный	Аксиальный	Плاناксиальный	Инверсионно-примитивный	Инверсионно-планальный
Низшая	Триклинная	1.-	2. C					
	Моноклинная			3. P	4. L ₂	5.L ₂ PC		
	Ромбическая			6. L ₂ P	7. 3L ₂	8.3L ₂ 3PC		
Средняя	Тригональная	9. L ₃	10.L ₃ C	11.L ₃ 3P	12.L ₃ 3L ₂	13.L ₃ 3L ₂ 3PC		
	Тетрагональная	14.L ₄	15.L ₄ PC	16.L ₄ 4P	17.L ₄ 4L ₂	18.L ₄ 4L ₂ 5PC	19.L ₄	20.L ₄ 2L ₂ 2P
	Гексагональная	21.L ₆	22.L ₆ PC	23.L ₆ 6P	24.L ₆ 6L ₂	25.L ₆ 6L ₂ 7PC	26.L ₆	27.L ₆ 3L ₂ 3P
Высшая	Кубическая	28.3L ₂ 4L ₃	29.3L ₂ 4L ₃ 3PC	30.3L ₄ 4L ₃ 6P	31.3L ₄ 4L ₃ 6L ₂	32.3L ₄ 4L ₃ 6L ₂ 9PC		

Таблица 3

Характеристики сингоний

Категория	Сингония	Число единичных направлений	Характерные элементы симметрии
НИЗШАЯ: несколько единичных направлений; нет осей порядка выше двух	Триклинная	Все	C
	Моноклинная	Много	P, L ₂ , L ₂ PC
	Ромбическая	Три	L ₂ 2P, 3L ₂ , 3L ₂ 3PC
СРЕДНЯЯ: одно единичное направление, совпадающее с единственной осью порядка выше двух	Тригональная	Одно	L ₃
	Тетрагональная	Одно	L ₄ или L ₁₄
	Гексагональная	Одно	L ₆ или L ₁₆
ВЫСШАЯ: несколько осей порядка выше двух	Кубическая	Нет	4L ₃

ПРОСТЫЕ ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ И КОМБИНАЦИИ ФОРМ

Простой формой называется совокупность одинаковых по форме равных граней, связанных между собой элементами симметрии. Исключение составляет моноэдр, образующий одну грань. Простые формы бывают открытые (не ограничивающие пространство со всех сторон гранями) и закрытые (ограничивающие пространство гранями со всех сторон).

Каждая простая форма, кроме моноэдра, имеет определенное число граней присущего ей вида, расположенных в симметричном порядке. Каждой простой форме можно дать формальное определение. Так, моноэдр (рис. 16,а) – это одна грань, не имеющая одинаковых по форме и равных в многогранниках. Пинакоид – две равные и параллельные грани (рис. 16,б). Диздр – две равные пересекающиеся грани (рис. 16,в). Призма – многогранник, образованный гранями, имеющими параллельные ребра. Пирамида – многогранник, образованный гранями, ребра которых пересекаются в одной вершине. Дипирамида – многогранник, образованный двумя пирамидами с общим основанием. На рис. 16 изображены простые формы сингоний низшей категории. Эти фигуры имеют элементы симметрии, присущие триклинной, моноклинной и ромбической сингониям. Простые формы сингоний средней категории см. на рис. 17-21. Простые формы кубической сингонии даются на рис. 22.

Совокупность двух или нескольких простых форм называется комбинацией форм. При исследовании многогранников, представляющих собой комбинации простых форм, необходимо установить количество и наименование простых форм. Для этой цели сначала подсчитывают количество граней каждого вида. Количество видов граней равно количеству простых форм в комбинации. Например, в фигуре из восьми граней (рис. 23,д) количество равных граней по видам $8 + 4 + 4 + 2$. Они группируются в 4 вида граней; следовательно в комбинации 4 простых формы.

Две равные параллельные боковые грани образуют пинакоид. Два четырехгранника, имеющие в сечении ромбы, являются ромбическими призмами. Восьмигранник, грани которого по четыре сходятся в двух противоположных вершинах и имеют общее ромбическое основание, – ромбическая дипирамида.

Студентам рекомендуется назвать количество и наименование простых форм в других случаях на рис. 16-23.

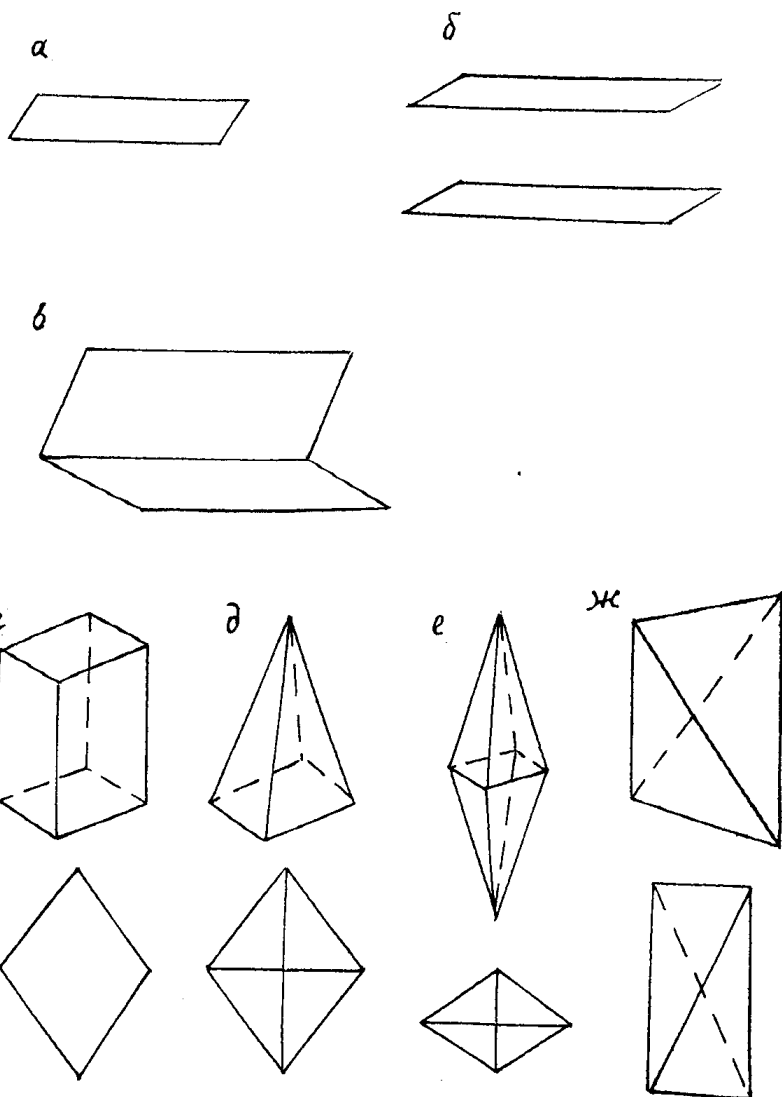


Рис. 16. Простые формы сингоний низшей категории:
а – моноклдр; б – пинакоид; в – диэдр; г – ромбическая призма;
д – ромбическая пирамида; е – ромбическая дипирамида;
ж – ромбический тетраэдр

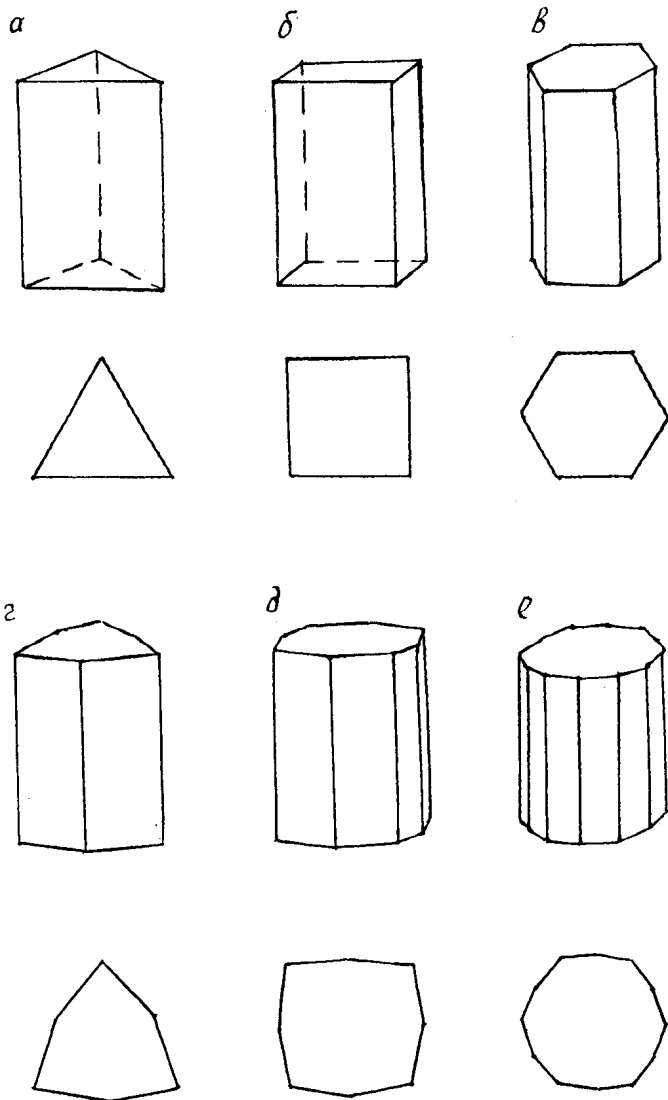


Рис. 17. Призмы сингоний средней категории:
а – тригональная; б – тетрагональная; в – гексагональная;
г – дитригональная; д – дитетрагональная; е – дигексагональная

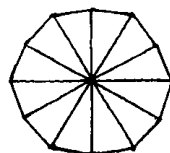
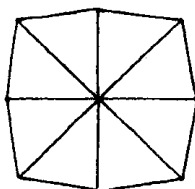
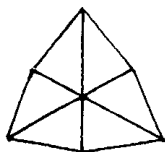
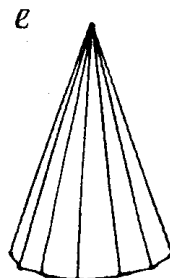
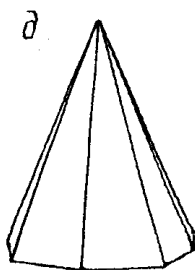
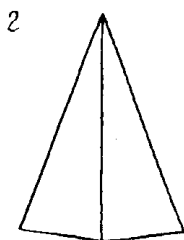
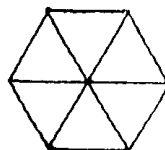
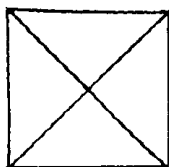
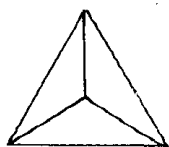
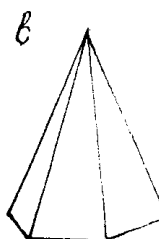
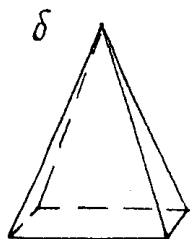
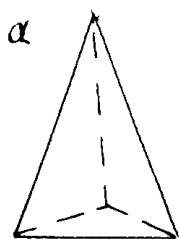


Рис. 18. Пирамиды сингоний средней категории:
 а – тригональная; б – тетрагональная; в – гексагональная;
 г – дитригональная; д – дитетрагональная; е – дигексагональная

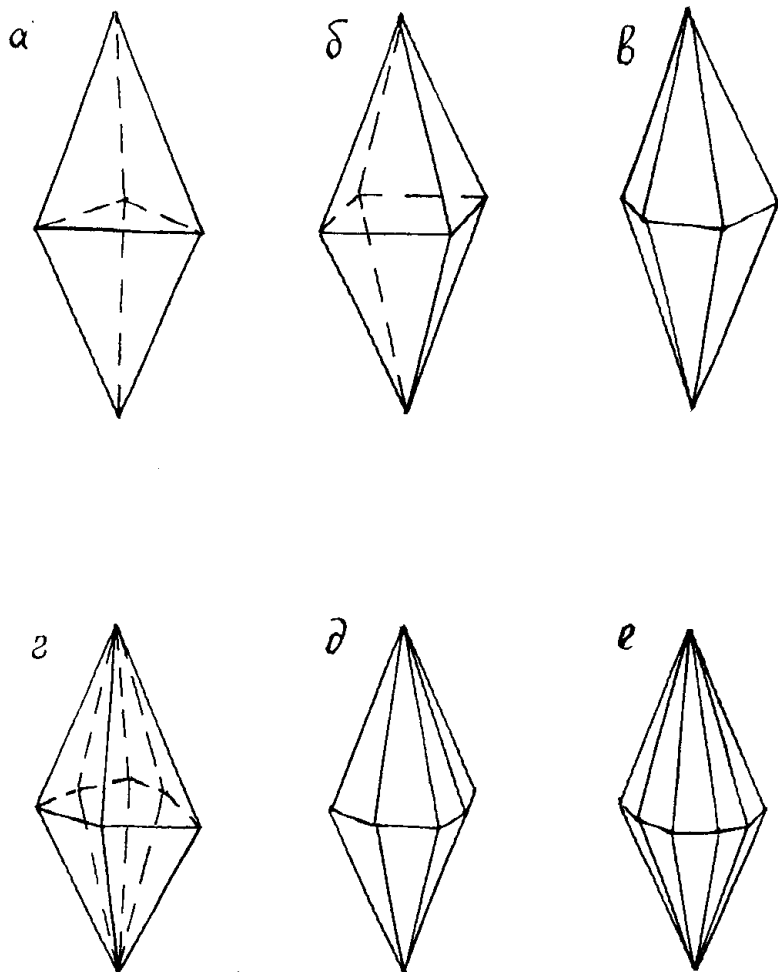
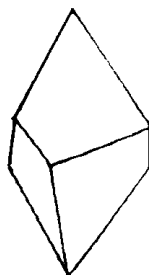
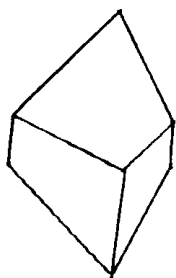
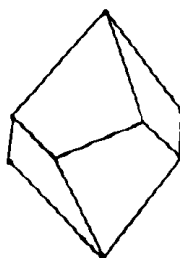
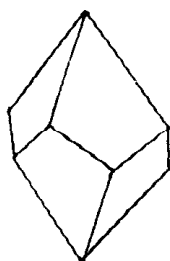


Рис. 19. Дипирамиды сингоний средней категории:
 а – тригональная; б – тетрагональная; в – гексагональная;
 г – дитригональная; д – дитетрагональная; е – дигексагональная

a



б



в

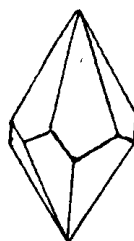
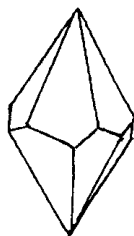


Рис. 20. Трапецоэдры:
а – тригональные; б – тетрагональные; в – гексагональные

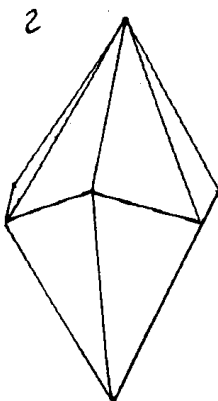
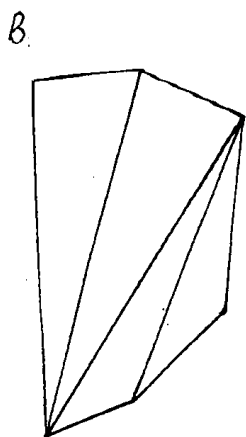
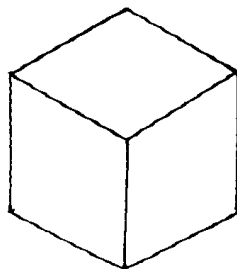
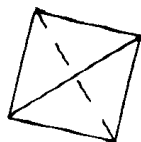
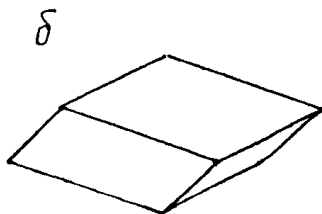
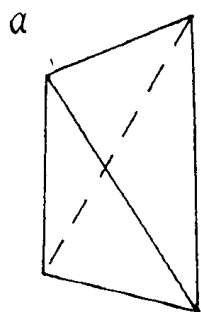


Рис. 21. Простые формы сингоний средней категории:
 а – тетрагональный тетраэдр; б – ромбоэдр;
 в – скаленоэдр тетрагональный; г – скаленоэдр тригональный

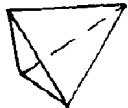
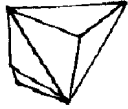
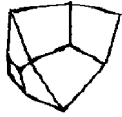
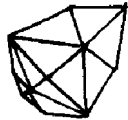
Название	Число граней	Форма грани	Изображение
а – тетраэдр	4		
б – тригонритетраэдр	12		
в – тетрагонритетраэдр	12		
г – пентагонритетраэдр	12		
д – гексатетраэдр	24		

Рис. 22. Простые формы кубической сингонии

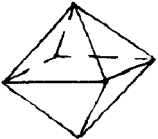
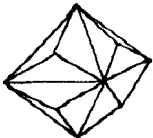
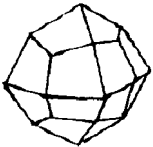
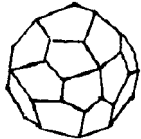
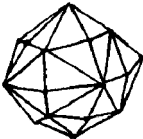
Название	Число граней	Форма грани	Изображение
е – октаэдр	8		
ж – тригонтриоктаэдр	24		
з – тетрагонтриоктаэдр	24		
и – пентагонтриоктаэдр	24		
к – гексаоктаэдр	48		

Рис. 22. (Продолжение) (см. так же с. 28)

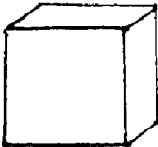
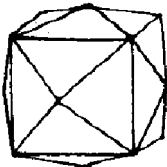
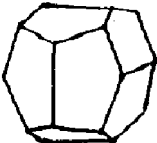
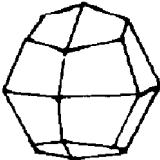
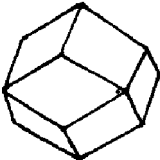
Название	Число граней	Форма грани	Изображение
л – гексаэдр	6		
м – тетрагексаэдр	24		
н – пентагондодекаэдр	12		
о – дидодекаэдр	24		
п – ромбододекаэдр	12		

Рис. 22. (Окончание) (см. так же с. 29)

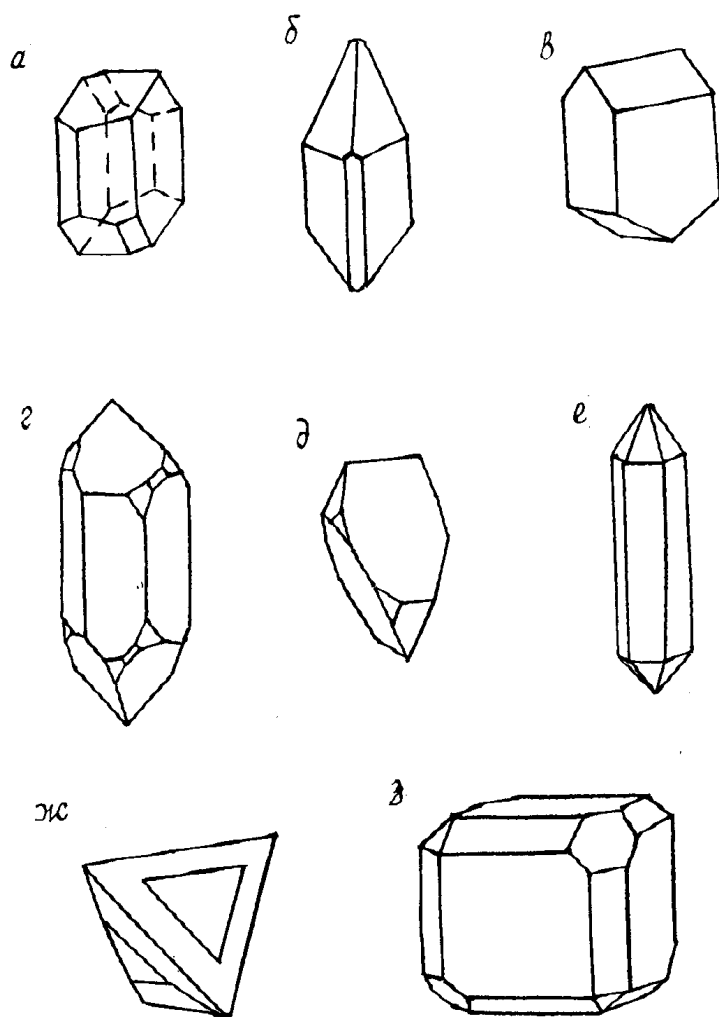


Рис. 23. Комбинации простых форм:
 а – триклинная сингония (плагиоклаз); б – моноклинная сингония (сфен); в – ромбическая сингония (эпсомит); г – тригональная сингония (кварц); д – тетрагональная сингония (халькопирит); е – гексагональная сингония (апатит); ж – кубическая сингония (тетраэдрит); з – кубическая сингония (борацит)

КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ СИМВОЛЫ

Для обозначения ориентировки граней и ребер кристаллов в пространстве существуют цифровые символы. Наиболее простой случай определения символов граней кристалла представляет кубическая примитивная решетка. Здесь оси координат X , Y и Z перпендикулярны друг другу, а единичная грань, отсекающая на осях координат равные отрезки, обозначается символом $\{111\}$ – грань октаэдра; грань куба, пересекающая ось X и параллельная двум другим осям, обозначается $\{100\}$, а другие грани, пересекающие оси Y и Z , соответственно $\{010\}$ и $\{001\}$. Такая же картина получается при определении символов граней некоторых пинакоидов (рис. 24,б).

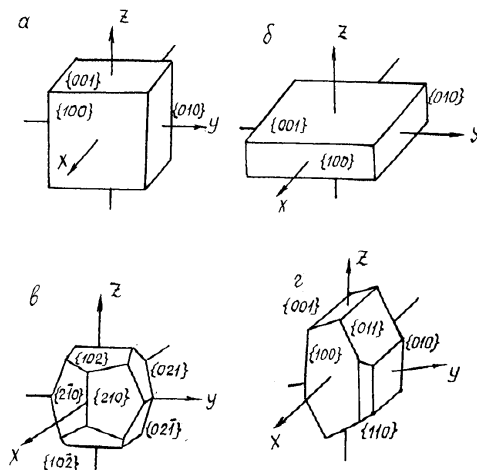


Рис. 24. Символы граней кристаллов:
а – куба; б – пинакоидов; в – пентагондодекаэдра;
г – триклинной фигуры

Грань пентагондодекаэдра, отсекающая различные длины отрезков осей X и Y , обозначается $\{210\}$ (рис. 24, в).

В более общем случае символы граней определяются по довольно сложной методике. Производятся такие операции, как выбор осей кристаллографических координат относительно элементов кристаллической решетки; установка кристалла относительно осей координат с выбором «единичной» (или масштабной) грани, символы которой определяются как $\{111\}$; определение символов остальных граней относительно осей кристаллографических координат и единичной грани.

Символ грани $A_i B_i C_i$ (рис. 25), отсекающей на осях X , Y и Z соответственно OA_i , OB_i и OC_i , при единичной грани $A_1 B_1 C_1$ получается из двойных отношений $(OA_1 / OA_i) : (OB_1 / OB_i) : (OC_1 / OC_i)$. Если грань не пересекает ось координат, то ее символ относительно этой оси, как любое число, деленное на бесконечность, равняется нулю.

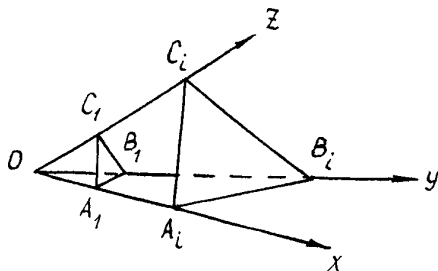


Рис. 25. К определению граней

При определении символов любого ребра кристалла оно переносится параллельно самому себе в начало координат.

На ребре обозначается любая точка и определяются ее координаты X_i , Y_i и Z_i . Символы ребра определяются по отношениям $(X_i / a_1) : (Y_i / b_1) : (Z_i / c_1)$, где a_1 , b_1 и c_1 – параметры единичной грани.

ДВОЙНИКИ КРИСТАЛЛОВ

В природе весьма часто образуются сростки кристаллов: друзы, сферолиты, параллельные сростки и двойники. Последний вид сростков подчиняется кристаллографическим закономерностям, так как срастание происходит ориентированно относительно элементов кристаллических решеток (плоских сеток). Обычно двойником называется закономерный сросток двух однородных кристаллов, в котором один кристалл является зеркальным отражением другого или же один кристалл выводится из другого путем поворота на 180° . Разновидностей двойников может быть много даже у одного и того же минерала. Однако в первом приближении они делятся на двойники срастания и прорастания. Примером первых служит двойник кристаллов гипса типа "ласточкин хвост" (рис. 26,а), а вторых – дофинеи-ский двойник кварца (рис. 26,б). Особого внимания заслуживают полисинтетические двойники прорастания плагиоклазов. Под микроскопом в поляризованном свете они выглядят так, как показано на рис.

26,в. При повороте шлифа последовательно "угасает" половина среза кристалла, а другая половина пропускает свет.

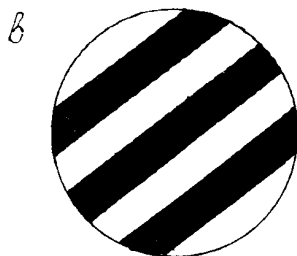
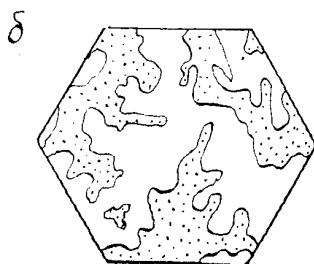
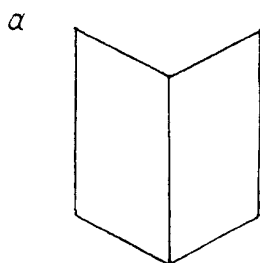


Рис. 26. Двойники:

а – двойник срастания гипса «ласточкин хвост»;

б – дофинейский двойник прорастания кварца;

в – полисинтетические двойники прорастания плагиоклазов

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МОДЕЛЕЙ КРИСТАЛЛОВ

Лабораторные занятия по геометрической кристаллографии включают определение элементов симметрии, изучение простых форм, а также определение количества и наименований простых форм в комбинациях. Объектами изучения являются модели кристаллов. Элементы симметрии фигур определяются в такой последовательности:

центр инверсии – C ;

плоскости симметрии – P ;

оси симметрии – $L_6, L_4, L_3, L_2, L_{i4}, L_{i6}$.

Результаты определения элементов симметрии фигуры записываются в виде формулы. Например, при наличии оси симметрии шестого порядка, шести осей второго порядка, семи плоскостей симметрии и центра инверсии формула пишется: L_6L_27PC . По табл. 2 определяются сингония и класс симметрии и производится контроль правильности определения элементов симметрии. Определяются количество и ориентировка единичных направлений относительно элементов симметрии фигуры (см. табл. 3). Затем подсчитывается сумма одинаковых граней каждого вида, определяется количество простых форм в комбинации и устанавливаются их наименования. В последнем случае учитываются количество и взаимная ориентировка граней каждой простой формы. Результаты изучения модели сводятся в табл. 4.

Таблица 4

Результаты изучения моделей кристаллов и примеры записи

Название простых форм		Пинакоид, ромбическая призма, ромбическая дипирамида	Гексаэдр, октаэдр
Число простых форм		3	2
Число одинаковых граней (по видам)		2+4+8	6+8
Число един. направлений		3	Нет
Сингония		Ромбическая	Кубическая
Формула		$3L_23PC$	$3L_44L_36L_29PC$
Элементы симметрии	C	-	-
	P	-	-
	L	-	-
	L_3	-	3
	L_4	-	4
	L_6	3	6
	L_{14}	3	9
	L_{16}	C	C
Номер модели		1	2

Вопросы для самопроверки

1. В чем разница между кристаллическим и аморфным веществом?
2. Что находится в узлах кристаллической решетки?
3. Что такое ряд узлов кристаллической решетки, в чем его основная особенность?
4. Что такое плоская сетка, в чем ее основная особенность?
5. Что такое пространственная решетка, в чем ее основная особенность?
6. В чем проявляются однородность и анизотропность кристаллического вещества с точки зрения его внутреннего строения и свойств?
7. Какие параметры элементарной ячейки пространственной решетки определяют строение кристаллического вещества в целом?
8. Что такое ретикулярная плотность узлов пространственной решетки и каково ее влияние на важнейшие свойства кристаллического вещества?
9. В чем проявляется связь внешней формы кристаллов и строения пространственной решетки, с какими элементами решетки пространственно связаны грани, ребра и вершины кристаллов?
10. Чем определяются интенсивность и направление роста кристаллов?
11. С чем связано свойство кристаллов самоограничаться?
12. Какие внешние признаки кристалла считаются постоянными при любых условиях его роста и любых искажениях внешней формы (закон Стено-Ломоносова-Ромэ-Делиля)?
13. Что такое центр инверсии и как можно установить его наличие или отсутствие в многогранниках?
14. В чем проявляется плоскостная (центральная) симметрия геометрических фигур и как построить симметричные точки, отрезки прямых и грани относительно плоскости (центра инверсии)?
15. Что такое ось симметрии и элементарный угол поворота?
16. Какие элементарные углы поворота имеют оси L_2 , L_3 , L_4 , L_6 ?
17. Что такое инверсионные оси и в чем их отличие от осей симметрии соответствующего порядка?
18. В чем проявляется взаимосвязь элементов симметрии?
19. Если в кристалле имеются две пересекающиеся плоскости симметрии, то какой третий элемент симметрии обязателен?

20. Если в кристалле имеются две пересекающиеся оси симметрии, то какой третий элемент симметрии обязателен?
21. Если в кристалле присутствуют ось L_2 (L_4 , L_6) и центр инверсии, то какой третий элемент симметрии обязателен?
22. Если в кристалле присутствуют ось L_3 (L_2 , L_4 , L_6) и перпендикулярная ей ось L_2 , то сколько еще имеется осей второго порядка?
23. Если в кристалле ось L_6 (L_2 , L_3 , L_4) лежит в плоскости симметрии, то вдоль скольких еще плоскостей симметрии проходит эта ось?
24. Какие элементы симметрии, присущие только бесконечным кристаллическим решеткам, Вам известны?
25. Что такое сингония и класс симметрии, сколько Вам известно классов симметрии и сингоний?
26. В какие три категории группируются сингонии и в чем состоят особенности этих категорий?
27. Что такое единичные и симметрично равные направления в кристаллах?
28. Сколько единичных направлений в кристаллах триклинной, моноклинной, ромбической сингоний и какова их ориентировка относительно осей и плоскостей симметрии?
29. Сколько единичных направлений в кристаллах сингоний средних категорий и с какими элементами симметрии они совпадают?
30. Сколько единичных направлений в кристаллах кубической сингонии?
31. Какие сочетания элементов симметрии возможны в кристаллах ромбической (моноклинной, триклинной) сингонии?
32. Какие элементы симметрии являются общими для кристаллов тригональной (тетрагональной, гексагональной, кубической) сингонии?
33. Что такое простые формы (комбинация форм)?
34. Какие простые формы кристаллов сингоний низшей (средней, высшей) категории Вам известны?
35. Что такое открытые и закрытые формы и в чем их различие?
36. Дайте определения каждой из 47 простых форм и укажите их элементы симметрии.
37. Как определить количество простых форм в комбинации?

Задания для контрольной проверки знаний

1. Опишите по предложенной схеме (см. табл. 4) модели, изображенные на рисунке (табл. 5) или данные Вам преподавателем.

2. Письменно дайте ответы на вопросы для самопроверки (номера см. в табл. 5).

Таблица 5

Распределение заданий по вариантам

Вариант (последняя цифра шифра)	Номер рисунка (модели для описания)	Номер вопроса для письменного ответа
1	16,г; 21,б; 22,о; 23,б;	1, 13, 25
2	16,д; 19,в; 22,в; 23,а;	2, 11, 12, 26
3	19,г; 20,б; 22,н; 23,в;	3, 15, 16, 27
4	17,в; 21,а; 22,и; 23,е;	4, 24, 28
5	16,е; 18,г; 20,а; 22,г;	5, 17, 29
6	18,б; 21,в; 22,ж; 23,ж;	6, 23, 30
7	16,ж; 17,г; 19,д; 23,з;	7, 19, 31
8	18,е; 19,е; 21,г; 22,п;	8, 20, 32
9	18,в; 19,б; 22,з; 23,д;	9, 21, 33
10	17,б; 19,а; 22,к; 23,г	10, 22, 35

МИНЕРАЛОГИЯ

НЕКОТОРЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Минералы – это природные химические соединения. Они встречаются в газообразном, жидком и твердом (кристаллическом или аморфном) состояниях. Известно около 3000 минералов. Их определяющие признаки образуют три группы: химический состав, морфология (формы выделений), физические свойства и другие диагностические признаки. Все свойства минералов определяются их составом и структурой кристаллической решетки. Общая классификация минералов производится по химическому составу (табл. 6).

Таблица 6

Классификация минералов по А.Г.Бетехтину

Классы минералов	Количество	
	в природе	в определителе
Самородные элементы	90	7
Сульфиды	350	15
Галоиды	150	4
Окислы и гидроокислы	150	16
Кислородные соли:		
Карбонаты	80	7
Сульфаты	120	5
Фосфаты, вольфраматы, хроматы, арсенаты, ванадаты и др.	300	4
Силикаты	1000	20
ИТОГО	2300	80

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МИНЕРАЛОВ

Теоретический химический состав минерала выражается его химической формулой. Формула выражает качественный и количественный его состав по содержанию главных компонентов. Например, пирит FeS_2 содержит 46,6% железа и 53,4% серы. Некоторые минералы имеют непостоянный химический состав и представляют собой непрерывный ряд замещения одних ионов (или атомов) в кристаллической решетке другими ионами (или атомами). Это явление называется изоморфизмом, а минерал является изоморфной смесью. Так, оливин $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$ – это изоморфная смесь форстерита $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ и фаялита $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$. Здесь изоморфизм возможен, так как радиусы ионов Fe^{2+} и Mg примерно одинаковы и равны 0,8 ангстрема. В тех случаях, когда радиусы двух ионов значительно отличаются, могут существовать двойные соли. Так в молекуле доломита $\text{MgCa}[\text{CO}_3]_2$ катионы магния и кальция находятся в количественном соотношении 1:1 (радиус иона Ca равен 1,05 А). Возможен также изоморфизм анионов, например, у апатита $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3 (\text{F,Cl,OH})$. Часто химические примеси не входят в кристаллическую решетку минерала. Их, как правило, немного (от нуля до первых процентов), но состав их не случа-

ен, а определен геохимической природой. Так в пирите присутствуют в основном примеси Cu, Au, Co, Ga, Ge, In, Tl и не характерны, к примеру, титан и хром. Зерна минералов содержат и механические (микро-пойкилитовые) включения других минеральных видов.

МОРФОЛОГИЯ (ФОРМЫ ВЫДЕЛЕНИЯ) МИНЕРАЛОВ

Чаще всего минералы образуют кристаллические зерна. Облик кристаллов может быть изометричным, то есть одинаковым в трех измерениях (рис. 27,а), например, куб или октаэдр. В других случаях кристаллы имеют призматический облик, то есть вытянуты в одном направлении – развиты грани призмы, пирамиды и т.п. (рис. 27,б). Разновидности длиннопризматических зерен – шестоватые и игольчатые зерна. В третьих случаях кристаллы могут иметь пластинчатую форму, сжатую в одном и вытянутую в двух направлениях (рис. 27,в). Часто в природе встречаются сочетания двух кристаллических индивидов – двойники (рис. 28). Минералы в кристаллическом и аморфном состояниях иногда образуют агрегатные формы, не подходящие под определение "горная порода", это щетки, друзы, жилы, дендриты, стяжения: конкреции, секреции, оолиты, жёоды и др. (рис. 29).

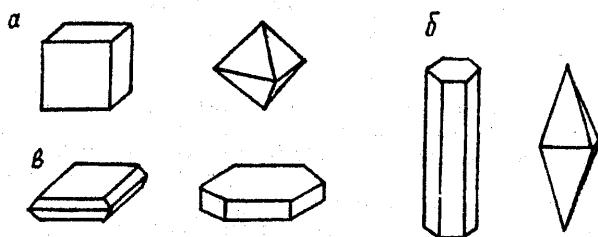


Рис. 27. Облик кристаллов:

а – изометричный; б – призматический; в – пластинчатый

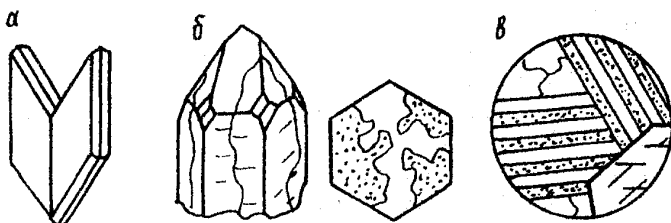


Рис. 28 Двойники:

а – сростания; б – прорастания; в – полисинтетический

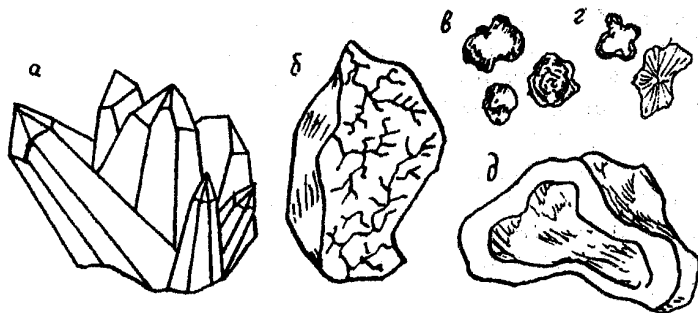


Рис.29. Агрегатные формы:

а – друза; б – дендриты; в – конкреции; г – секреции; д – жеода

СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Цвет минерала воспринимается наблюдателями субъективно. Для одних минералов он более или менее постоянен, для других нет. Природа цвета может объясняться основной окраской минерала (например, темно-серая у графита или латунно-желтая у халькопирита), примесью хромофора (0,1% хрома придает рубину ярко-красный цвет) или интерференционными свойствами кристаллической решетки (фиолетовый оттенок лабрадора). Иногда поверхность минерала покрыта радужной пленкой побежалости (чаще всего у борнита).

Цвет черты – цвет порошка минерала легче всего получить, прочертив минералом по неглазированной поверхности фаянсового черепка. Цвет черты часто не совпадает с цветом минерала, например, латунно-желтый пирит имеет черную черту.

Блеск – отражательная способность минерала. По мере убывания интенсивности отражения света выделяют виды блеска: металлический – у самородных металлов и большей части сульфидов; полуметаллический – у графита и многих окислов; алмазный – у алмаза, сфалерита, киновари, куприта и др.; стеклянный – у галоидов и большинства солей кислородных кислот. Разновидности стеклянного блеска: перламутровый – у опала, гипса; жирный – у нефелина, граната и др. Блеск минералов глинистых, охристых, землистых или сажистых называют матовым. При затруднении определения блеска следует помнить, что для минералов со стеклянным блеском характерна белая черта. Металлический блеск соответствует темно-серой или черной черте, или же блестящей (белой, желтой, красной). Минералы с полуметалличе-

ским или алмазным блеском чаще имеют светлую черту (цветную), черную или белую.

С п а й н о с т ь – способность минералов расщепляться, раскалываться или раскалываться с образованием зеркально гладких плоских поверхностей. Различают следующие виды спайности:

1) весьма совершенная – минерал в одном направлении разделяется без усилия на тонкие листочки (рис. 30,а);

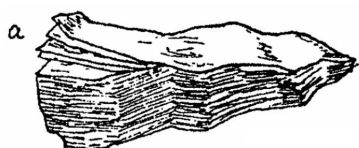
2) совершенная – в данном направлении минерал при ударе раскалывается только с образованием плоскостей спайности (рис. 4,б); совершенная и последующие типы спайности бывают в двух, трех и четырех направлениях;

3) средняя – в данном направлении минерал при ударе раскалывается как с образованием плоскостей спайности, так и без них;

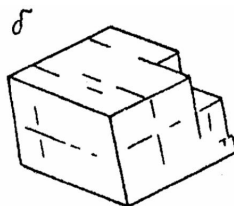
4) несовершенная – проявляется очень редко;

5) весьма несовершенная – практически отсутствует.

И з л о м иногда может служить диагностическим признаком. Раковистый излом – гладкие криволинейные поверхности, напоминающие внутренность раковины моллюска, наблюдаются у кварца, вулканического стекла (рис. 30,в).



Весьма совершенная
спайность у слюды



Совершенная спайность в
трех направлениях у кальцита



Раковистый излом
у кварца

Рис. 30. Спайность и излом

Т в е р д о с т ь проявляется при царапании минерала более твердым минералом. Шкала относительной твердости Мооса включает 10 минералов (табл. 7).

Плотность минералов в природе колеблется от долей единицы у битумов до 23 у осмистого иридия. Минералы с плотностью до 3-3,5 при взвешивании на руке кажутся легкими (например кварц), от 3 до 4,5 – средней тяжести (барит 4,5) и более 4,5 – тяжелыми (пирит 5, галенит 7,5).

Ковкость и хрупкость. Ковкие минералы при ударе молотком сплющиваются (золото), а хрупкие распадаются на мелкие осколки (кальцит). При царапании ковких минералов остается блестящий след (халькозин).

Гибкость и упругость. Упругие минералы с весьма совершенной спайностью при легком сгибании листочков распрямляются вновь (слюды), а гибкие и неупругие остаются в согнутом состоянии (хлориты).

Магнитность. Ферромагнитные минералы: магнетит, пирротин, платина действуют на магнитную стрелку, осколки их притягиваются магнитом.

Твердость – проверяется царапанием минерала более твердым предметом или другим минералом. Твердый минерал оставляет на более мягком царапину, мягкий на твердом оставляет черту. Шкала относительной твердости Мооса включает 10 минералов.

Таблица 7

Шкала относительной твердости минералов

Название минерала	Абсолютная твердость, кг/мм	Предмет, заменяющий минерал шкалы (в скобках твердость)
1. Тальк	2,4	Ноготь (2,5) Медная монета (3,5) Оконное стекло (5)
2. Гипс	36	
3. Кальцит	109	
4. Флюорит	189	
5. Апатит	536	
6. Ортоклаз	795	
7. Кварц	1120	
8. Топаз	1427	
9. Корунд	2060	
10. Алмаз	10060	

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

Реакция с раствором соляной кислоты. Кальцит и некоторые другие карбонаты бурно реагируют с HCl, выделяя углекислый газ; доломит также выделяет CO₂ при реакции с HCl, но в порошке; магнезит и сидерит также реагируют с HCl, но при нагревании. Некоторые сульфиды: галенит, сфалерит, молибденит при обработке соляной кислотой выделяют сильно пахнущий сероводород.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ТАБЛИЦ

Определение минерала осуществляется в два этапа:

1. Выделение группы минералов, имеющих некоторые общие признаки (по табл. 8).
2. Выделение из этой группы минерала по характерным свойствам (табл. 9-22).

Этап 1. Определяем цвет черты, блеск и твердость, а если блеск минерала стеклянный, то еще и спайность. Для определения блеска на первых порах надо пользоваться эталонами. Стеклянный блеск иногда можно спутать с алмазным, а металлический – с полуметаллическим. Цвет черты хорошо коррелируется с блеском. Минералы со стеклянным блеском обычно имеют белую или очень светлую черту; черная черта бывает у минералов с металлическим и у ряда минералов с полуметаллическим блеском. Очень часто алмазному и полуметаллическому блеску сопутствует цветная черта.

Определив вышеуказанные свойства, необходимо из табл. 8 выписать группу минералов, находящихся в одной или двух, трех смежных ее клетках, так как, определяя твердость, можно ошибиться на один порядок в ту или другую сторону. Ошибки при определении цвета черты случаются сравнительно редко.

Этап 2. При выполнении второй операции из табл. 9-22 выписывают характерные свойства для определяемого минерала, которые отличают его от сходных минералов. По результатам определения этих свойств методом исключения выбирают один минерал, свойства которого соответствуют определяемому.

Например, определяется минерал с металлическим блеском, черной чертой и твердостью 3 или 4. Выпишем из табл. 8 четыре сходных минерала: халькопирит, борнит, пирротин, пентландит. Характерные свойства этих минералов: халькопирит латунно-желтый без спайности; борнит имеет яркую фиолетовую побежалость, спайности нет; пирротин сильно магнитен, имеет бронзово-желтый цвет, спайность отсутствует; пентландит отличается от пирротина наличием совершенной спайности. Определяемый минерал сильно магнитен, не имеет спайности и окрашен в бронзовый цвет, следовательно, это пирротин. Вспомним его химическую

формулу FeS и примеси Co, Ni, Pt, Cu и др., практическое значение – комплексная руда.

Все, сделанное на занятии, должно быть изложено в отчете. Отчет оформляется в виде таблицы (табл. 18), где отражается поэтапное определение минерала.

Таблица 8

Группы минералов, сходных по свойствам

Черта	Блестящая белая или цветная	Черная или темно-серая	Цветная, редко белая (у шеелита, церуссита)			Белая, иногда светлоокрашенная			
Спайность определяется на втором этапе работы						Весьма совершенная	Совершенная	Не наблю- дается	
Твердость	1		Молибденит	Графит	Лимонит		Тальк Каолинит		Мел Каолинит
	2	Антимонит Халькозин Галенит			Вивианит	Реальгар Аурипигмент Киноварь Сера	Вермикулит	Гипс Галит Сильвин Мелантерит Мирабилит	Халькантит Карналлит
	3	Серебро Медь Золото	Борнит Пентландит		Сфалерит Церуссит Малахит Азурит	Хлориты Мусковит Биотит, флогопит Лепидолит	Ангидрит Кальцит Доломит	Серпентин Хризотил- асбест Церуссит	
	4	Платина	Халькопирит, пир- ротин		Куприт		Магнетит Сидерит Барит Флюорит	Арагонит	
	5				Шеелит		Шеелит	Апатит	
	5,5		Арсено-пирит		Вольфрамит			Нефелин	
	6		Марказит Пирит	Магнетит Ильменит	Гематит Рутил Хромит		Полевые шпаты, пироксены, эпи- дот амфиболы	Опал Оливин	
	6,5								
	7					Кассите- рит Циркон		Кварц Гранаты Турмалин	
	8						Топаз	Берилл	
	9							Корунд	
	10					Алмаз			
Блеск	Металлический		Полуметаллический		Алмазный	Стеклянный			

Таблица 9

Минералы с металлическим блеском и блестящей белой
или цветной чертой

Название	Характерные свойства	
Серебро	Белые цвет и черта	Все минералы ковкие
Медь	Медно-красные цвет и черта	
Золото	Желтые цвет и черта	
Платина	Стально-серые цвет и черта	

Таблица 10

Минералы с металлическим и полуметаллическим блеском,
черной или серой чертой, мягкие, свинцово-серого цвета

Название, формула	Характерные свойства
Молибденит MoS_2	Голубовато-серая черта на бумаге, с HCl выделяет сероводород
Графит C	Серая черта на бумаге
Антимонит Sb_2S_3	Шестоватые кристаллы, совершенная спайность, штриховка на гранях
Халькозин Cu_2S	Нож оставляет блестящую царапину
Галенит PbS	Совершенная спайность в трех направлениях по кубу, с HCl выделяет сероводород

Таблица 11

Минералы с металлическим блеском, черной чертой,
средней твердостью (3-4), преимущественно желтого цвета
и без спайности

Название, формула	Характерные свойства
Борнит Cu_5FeS_4	Яркая фиолетовая побежалость
Халькопирит CuFeS_2	Латунно-желтый цвет
Пентландит $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$	Бронзово-желтый цвет, совершенная спайность по октаэдру
Пирротин FeS	Сильно магнитен, цвет бронзово-желтый

Таблица 12

Минералы с металлическим блеском и черной чертой,
твердые (5,5-6,5)

Название, формула	Характерные свойства
Арсенопирит FeAsS	Оловянно-белый цвет, запах чеснока при ударе, совершенная спайность
Пирит FeS_2	Латунно-желтый цвет, кристаллы кубической сингонии
Марказит FeS_2	Кристаллы ромбической сингонии, образует конкреции, весьма сходен с пиритом

Таблица 13

Минералы с полуметаллическим или матовым блеском,
черной или бурой чертой, непостоянной твердостью

Название, формула	Характерные свойства
Лимонит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Плотные натечные агрегаты или охры, диагностируется по бурой черте
Пиролузит MnO_2	Отличается матовым блеском, образует натечные или сажистые агрегаты
Псиломелан $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	При нагревании в пробирке выделяет воду

Таблица 14

Минералы с алмазным блеском, мягкие (1,5-2,5)

Название, формула	Характерные свойства
Вивианит $\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Синий цвет, землистые или игольчатые лучистые агрегаты
Реальгар AsS	Оранжево-красный цвет, чешуйчатые агрегаты
Аурипигмент As_2S_3	От реальгара отличается лимонно-желтым цветом
Киноварь HgS	Ярко-красные (алые) цвет и черта
Сера S	Жирный блеск, отсутствие спайности, лимонно-желтый цвет, горит с выделением сернистого газа, плавится

Таблица 15

Минералы с алмазным блеском, твердость 3-4

Название, формула	Характерные свойства
Сфалерит ZnS	Совершенная спайность, бурая черта
Малахит $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	Зеленый, с HCl выделяет CO_2
Азурит $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$	Синий, с HCl выделяет CO_2
Куприт Cu_2O	От кирпично-красного до свинцово-серого, черта коричнево-красная
Церуссит PbCO_3	Белый, желтоватый, светло-серый, тяжелый, с HCl выделяет CO_2 , черта белая, спайности нет

Таблица 16

Минералы с полуметаллическим и алмазным блеском,
твердость 5-7

Название, формула	Характерные свойства
Вольфрамит (Mn, Fe) WO ₄	Красновато-бурая черта, спайность совершенная
Магнетит Fe ₃ O ₄	Сильномагнитен, черта черная
Ильменит FeTiO ₃	Слабомагнитен, черта черная
Гематит Fe ₂ O ₃	Черта вишнево-красная
Рутил TiO ₂	Тетрагональные призматические кристаллы и коленчатые двойники, спайность совершенная в одном направлении
Хромит FeCr ₂ O ₄	Светло-бурая черта, спайности нет, немагнитен
Шеелит CaWO ₄	Белая черта, спайность совершенная по октаэдру
Касситерит SnO ₂	Бурый. Надежно определяется химической реакцией на олово
Циркон Zr[SiO ₄]	Тетрагональные изометричные кристаллы буроватых оттенков, блеск на изломе жирный

Таблица 17

Минералы со стекляннным блеском, твердость 1-1,5

Название, формула	Характерные свойства
Тальк Mg ₃ (OH) ₂ [Si ₄ O ₁₀]	Светло-зеленый, белый, спайность весьма совершенная
Каолинит Al ₄ (OH) ₈ [Si ₄ O ₁₀]	Белый, светло-серый, желтый, разбухает в воде, впитывает воду
Мел CaCO ₃	Впитывает воду, с HCl выделяет CO
Вермикулит (Mg, Fe ²⁺ , Fe ³⁺) [(Si, Al) ₄ O ₁₀](OH) ₂	Спайность весьма совершенная, при нагревании сильно вспучивается

Таблица 18

Минералы со стекляннным блеском, весьма совершенной
спайностью, твердость 2-3

Название, формула	Характерные свойства
Мусковит KAl ₂ (OH) ₂ [AlSi ₃ O ₁₀]	Цвет бурый или черный
Биотит K(Mg, Fe) ₃ [AlSi ₃ O ₁₀](OH, F) ₂	Цвет бурый или черный
Хлорит (Mg, Fe) ₆₋₈ (Al, Fe) _p [Al _p Si _{4-p} O ₁₀](OH) ₈	Темно-зеленый, листочки не упругие
Лепидолит KLi _{1,5} Al _{1,5} [AlSi ₃ O ₁₀](F, OH) ₂	Светло-розовый или фиолетовый

Таблица 19

Минералы со стеклянным блеском, твердостью около двух,
растворимые в воде

Название, формула	Характерные свойства
Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Легко царапается ногтем, слаборастворим в воде, спайность совершенная, иногда волокнистые агрегаты
Галит NaCl	Соленый, спайность совершенная по кубу
Сильвин KCl	Горько-соленый, спайность совершенная в одном направлении
Мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Горький, при нагревании выделяет воду, спайность совершенная в одном направлении
Мелантерит $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Светло-зеленый, вяжущий вкус
Халькантит $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Голубой, на вкус горький, вяжущий, при погружении в раствор железного предмета выделяется медь
Карналлит $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Сильно гигроскопичен, на воздухе расплывается в мокрое пятно

Таблица 20

Минералы со стеклянным блеском, твердость 3-5,
спайность совершенная

Название, формула	Характерные свойства	
Ангидрит CaSO_4	Спайность совершенная в одном направлении, с HCl не реагирует	
Флюорит CaF_2	Спайность совершенная в четырех направлениях по октаэдру, обычно окрашен в яркие цвета	
Кальцит CaCO_3	С HCl выделяет CO_2	
Доломит $\text{MgCa}[\text{CO}_3]_2$	С HCl выделяет CO_2 в порошке	Спайность совершенная в трех направлениях
Магнезит MgCO_3	С HCl выделяет CO_2 в порошке при нагревании	
Барит BaSO_4	Тяжелый, в кислотах не растворяется	
Шеелит CaWO_4	Спайность по октаэдру в четырех направлениях	

Таблица 21

Минералы со стекляннм блеском, совершенной спайностью
и твердостью более 5

Название	Характерные свойства
Полевые шпаты	Обычно светлоокрашенные, спайность в двух направлениях под углом 90°
Пироксены	Темно-зеленые, черные, спайность в двух направлениях под углом 87°
Амфиболы	Темно-зеленые, черные, спайность в двух направлениях под углом 124°
Эпидот $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4](\text{OH})$	Зеленый, спайность в одном направлении
Топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F,OH})_2$	Спайность в одном направлении

Таблица 22

Минералы со стекляннм блеском без спайности

Название, формула	Твердость	Характерные свойства
Серпентин $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$	2,5-3	Темно-зеленый, черный
Хризотил-асбест	2-3	Зеленый, раскалывается на волокна
Церуссит PbCO_3	3-3,5	Тяжелый, с HCl выделяет CO_2
Арагонит CaCO_3	3,5-4	С HCl выделяет CO_2
Апатит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F,Cl,OH})$	5	Жирный блеск на изломе, кристаллы в форме гексагональной призмы
Фосфорит		Конкреции и окаменелая флора и фауна, содержащие апатит
Нефелин $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$	5-6	Жирный блеск
Опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	5-6	Раковистый излом, перламутровый блеск
Оливин $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$	6-7	Темно-зеленый
Кварц SiO_2	7	Раковистый излом
Гранаты	6,5-8	Кристаллы кубической сингонии, на изломе жирный блеск

Таблица 23

Отчет о лабораторной работе «Определение минералов»

№ п/п	Операция 1				Операция 2			Операция 3	
	Блеск	Черта	Твердость	Спайность	Сходные минералы	Характерные свойства		Минерал, формула, примеси	Применение минерала
						Название	Результаты испытания		
1	Металлический	Черная	3-4	Нет	Халькопирит Борнит Пирротин Пентландит	Цвет	Бронзовый	Пирротин FeS	Комплексная руда
						Спайность	Нет		
						Магнитность	Сильномагнитен		
2	Стеклянный	Белая	3	Совершенная в 3-х направлениях	Ангидрит Кальцит Доломит	Реакция с HCl	Бурно выделяет CO ₂	Кальцит CaCO ₃	Известь, цемент, флюсы, оптика

Вопросы для самопроверки

1. Что такое минерал? Можно ли считать минералами продукты деятельности человека?
2. Чем отличается минерал от мономинеральной горной породы?
3. Определите теоретическое содержание меди в халькопирите.
4. Сколько может получиться лимонита при полном окислении 1 т пирита?
5. Определите содержание железа и воды в лимоните.
6. Назовите минералы, образующие кристаллы гексагональной и тригональной сингоний.
7. Назовите минералы, образующие кристаллы кубической сингонии.
8. Назовите минералы, образующие кристаллы низших сингоний.
9. Назовите минералы, образующие пластинчатые, шестоватые, игольчатые кристаллы.
10. Назовите минералы, образующие выделения в форме стяжений, оолитов.
11. Какие свойства характерны для самородных металлов и почему?
12. Что такое полиморфизм? Поясните на примере алмаза и графита.

13. Что такое изоморфизм? Поясните на примере оливина.
14. Какие свойства характерны для сульфидов? Почему многие сульфиды имеют металлический блеск?
15. Какие свойства характерны для окислов большинства металлов и почему?
16. Какие свойства характерны для галоидов и почему?
17. Какие свойства характерны для карбонатов, как реагируют различные карбонаты с соляной кислотой?
18. Чем объясняется наличие весьма совершенной спайности у слоистых силикатов?
19. Объясните, почему каркасные силикаты всегда содержат алюминий?
20. Перечислите минералы, обладающие магнитными свойствами. Как определить магнитность?
21. Назовите минералы красного, бурого и желтого цветов.
22. Назовите минералы, имеющие различную окраску. В чем причина изменения цвета у одного и того же минерала?
23. Приведите примеры минералов, у которых собственный цвет и цвет черты совпадают, и минералов, у которых эти свойства различны.
24. Какие виды спайности Вы знаете? Приведите примеры минералов с различной спайностью.
25. У каких минералов спайность по двум направлениям? Какое значение имеет угол между направлениями спайности для диагностики? Поясните на примере пироксенов и амфиболов.
26. Назовите сульфиды с металлическим блеском желтого и буровато-желтого цветов с твердостью 3-4,5. По каким свойствам они отличаются?
27. В чем сходство магнетита, гематита, хромита и в чем различие?
28. Назовите минерал со стеклянным блеском, светлоокрашенный с твердостью 6 со спайностью по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Где он применяется?
29. Чем отличается каолинит от мела?
30. Чем отличаются слюды от хлоритов, что у них общего?
31. Как называется буровато-желтый минерал с металлическим блеском, черной чертой, без спайности, магнитный? Опишите его химический состав, области применения.
32. Назовите минерал черного цвета с полуметаллическим блеском, черной чертой и твердостью около 6. Каким еще замечательным свойством он обладает? Опишите его химический состав, примеси и область применения.
33. Назовите минералы черного цвета с матовым блеском, черной чертой, твердостью около 4, немагнитные. Опишите их химический состав, области применения.

34. Перечислите главные диагностические свойства ильменита. С какими минералами он сходен и чем от них отличается?
35. Назовите минерал с алмазным блеском, светлой буровой чертой, совершенной спайностью и твердостью около 4. Опишите его химический состав и область применения.
36. Опишите минералы, имеющие твердость 9 и 10.
37. Назовите минерал с твердостью около 6, металлическим блеском, оловянно-белым цветом. Опишите его состав и области применения.
38. Как называется латунно-желтый минерал с металлическим блеском, черной чертой, без спайности, если его твердость около 4? То же при твердости 6? Как используются эти минералы?
39. Чем отличается халькопирит от пирита, от пентландита? Опишите подробнее эти минералы.
40. Чем отличаются и в чем сходны графит и молибденит? Опишите области их применения.
41. Назовите и опишите минералы – руды железа.
42. Назовите и опишите минералы – руды меди.
43. Назовите и опишите минералы – руды марганца.
44. Назовите и опишите минералы – руды алюминия.
45. Укажите области практического использования слюд.
46. Укажите области практического использования кварца.
47. Укажите области практического использования хризотил-асбеста.
48. Укажите области практического использования каолинита.
49. Где используются серпентин, оливин?
50. Перечислите минералы, используемые в качестве огнеупорного сырья, укажите температуры плавления их и продуктов их обжига.

При выполнении задания вопросы взять в табл.24 по варианту.

Таблица 24

Задания для заочников

Вариант	Номер вопроса
1	1, 11, 21, 31, 41
2	2, 12, 22, 32, 42
3	3, 13, 23, 33, 43
4	4, 14, 24, 34, 44
5	5, 15, 25, 35, 45
6	6, 16, 26, 36, 46
7	7, 17, 27, 37, 47
8	8, 18, 28, 38, 48
9	9, 19, 29, 39, 49
10	10, 20, 30, 40, 50

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ МИНЕРАЛОВ

АВГИТ $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$

Кристаллы моноклинной сингонии и агрегаты; цвет темно-зеленый, черный; черта белая, зеленоватая; блеск стеклянный; твердость 5-6; спайность совершенная в двух направлениях, угол 90° ; пороодообразующий минерал магматических пород.

АЗУРИТ $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$

Cu – 55,3%; кристаллы моноклинной сингонии, щетки; цвет голубой, синий; черта голубая; блеск алмазный; твердость 3,5-4; с HCl бурно выделяет CO_2 ; присутствует в окисленных медных рудах.

АЛМАЗ С

Кристаллы кубической сингонии, сростки, агрегаты; бесцветный, серый, черный, голубой, бурый, порошок белый; блеск алмазный; твердость 10; спайность по октаэдру совершенная; плотность 3,5; светится в ультрафиолетовых и рентгеновских лучах; абразив, драгоценный камень.

АМФИБОЛЫ – группа ленточных силикатов (см. РОГОВАЯ ОБМАНКА).

АНГИДРИТ CaSO_4

Кристаллы ромбической сингонии, агрегаты; белый, серый, желтый; черта белая; блеск стеклянный, матовый; твердость 3-3,5; спайность совершенная в одном направлении; применение (см. ГИПС).

АНТИМОНИТ Sb_2S_3

Sb – 71,4%; призматические (шестоватые) кристаллы ромбической сингонии; цвет и черта свинцово-серые; блеск металлический; твердость 2-2,5; спайность совершенная в одном направлении; руда сурьмы.

АПАТИТ $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$

P_2O_5 – 42,3%; примеси: Na, Mg, Fe, Al, TR; кристаллы призматические гексагональной сингонии, агрегаты; бесцветный, зеленый, бурый, голубой, желтый; черта белая; блеск граней стеклянный, на изломе жирный; твердость 5; хрупок; акцессорный минерал магматических пород; примесь железных руд, фосфориты; используется для производства суперфосфата, извлекаются редкие земли.

АРАГОНИТ CaCO_3

Сингония ромбическая; от КАЛЬЦИТА отличается формой кристаллов; спайность совершенная в одном направлении.

АРСЕНОПИРИТ FeAsS

Fe – 34,3%, As – 46%, примеси: Co, Ni, Sb, Au; призматические кристаллы моноклинной сингонии, агрегаты; цвет оловянно-

белый; черта черная; блеск металлический; твердость 5,5-6; при ударе запах чеснока; руда мышьяка, извлекается золото.

АУРИПИГМЕНТ As_2S_3

As – 61%; радиально-лучистые, чешуйчатые агрегаты; цвет и черта лимонно-желтые; блеск алмазный; твердость около 2; спайность весьма совершенная; руда на мышьяк, производство краски.

БАРИТ BaSO_4

BaO – 65,7%; примеси: Sr, Ca, Pb, Ra, Fe; агрегаты, жилы, редко пластинчатые кристаллы ромбической сингонии; цвет белый, серый, желтый, розовый; черта белая; блеск стеклянный; спайность совершенная в двух направлениях; плотность 4,5; нерастворим в кислотах; применяется в химической промышленности, утяжеляющий наполнитель, штукатурка рентгенлабораторий, белила.

БЕРИЛЛ $\text{Be}_3\text{Al}_2 [\text{Si}_4 \text{O}_{10}]$

BeO – 14,1%, примеси: Na, K, Li, Rb, Cs; призматические кристаллы гексагональной сингонии; цвет голубой, желтый, зеленый, порошок белый; блеск стеклянный; твердость 7,5-8; руды бериллия, прозрачные: голубой аквамарин, зеленый изумруд – драгоценные камни.

БИОТИТ $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3 [\text{AlSi}_3 \text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$

Черный, бурый из группы СЛЮД (см. СЛЮДЫ).

БОРНИТ Cu_5FeS_4

Cu – 63,3%; цвет темный медно-красный, характерна яркая фиолетовая побежалость; черта черная; блеск металлический; твердость 3; руда меди.

ВЕРМИКУЛИТ $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}) [(\text{Si}, \text{Al})_4 \text{O}_{10}](\text{OH})_2$

Сингония моноклинная, псевдоморфозы по слюдам; цвет бурый, желтый; черта белая; блеск стеклянный; твердость 1,5; спайность весьма совершенная; листочки неупругие; при нагревании увеличивается в объеме в 15-25 раз; тепло- и звукоизоляционный материал.

ВИВИАНИТ $\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Fe – 43%, P_2O_5 – 28,3%; призматические и игольчатые кристаллы моноклинной сингонии, агрегаты, землистые массы; от бесцветного до темно-синего; черта белая, синяя, бурая; блеск стеклянный; твердость 1,5-2; спайность весьма совершенная; синяя краска.

ВОЛЬФРАМИТ $(\text{Mn}, \text{Fe})\text{WO}_4$

WO_3 – 75%, примеси: Mg, Ca, Nb, Ta, Sn; кристаллы моноклинной сингонии; цвет буровато-черный; черта бурая; блеск алмазный; твердость 5-5,5; спайность совершенная в одном направлении; плотность 6,7-7,5; руда вольфрама.

ГАЛЕНИТ PbS

Pb – 86,6%, примеси: Ag, Cu, Zn, Se, Bi, Fe, As, Sb, Mo; цвет стально-серый; черта серовато-черная; блеск металлический; твердость 2-3; спайность совершенная по кубу; плотность 7,5; реагирует с кислотами, выделяя сероводород; руда свинца, извлекают серебро.

ГАЛИТ NaCl

Кристаллы кубической сингонии, агрегаты; бесцветный, серый, желтый; черта белая; блеск стеклянный; твердость 2; хрупок; спайность совершенная по кубу; растворим в воде; соленый; производство соды, NaOH, HCl, поваренной соли.

ГЕМАТИТ Fe₂O₃

Fe – 70%; кристаллы тригональной сингонии, часто пластинчатой формы, агрегаты, псевдоморфозы по магнетиту МАРТИТ; цвет стально-серый до черного; черта вишнево-красная; блеск полуметаллический; твердость 5–6; руда железа.

ГИПС CaSO₄·2H₂O

Кристаллы моноклинной сингонии, чаще пластинчатой формы, двойники, волокнистые агрегаты; белый, желтый; черта белая; блеск стеклянный, перламутровый; твердость 1,5; спайность совершенная в трех направлениях; слабо растворим в воде, водная суспензия быстро застывает; применяется как добавка к быстрозастывающему цементу, для получения фигур любой формы, слепков.

ГРАНАТЫ

Группа силикатов с общей формулой M₃M₂[SiO₄]₃, например андрадит Ca₃Fe₂[SiO₄]₃; сингония кубическая; цвет желтый, бурый, черный, зеленый, красный; черта белая; блеск на гранях стеклянный, на изломе жирный; твердость 6-7; спайности нет; породообразующий минерал скарнов, применяется как абразив по дереву, в ювелирных изделиях.

ГРАФИТ C

Сингония гексагональная, чешуйчатые, волокнистые агрегаты; стально-серый, черный; черта черная; блеск полуметаллический; твердость 1; спайность совершенная в одном направлении; электропроводен; пишет на бумаге; применяется в смазочных материалах, при производстве карандашей, электродов, тиглей и т.п.

ДОЛОМИТ MgCa[CO₃]₂

Примеси: Fe, Mn, Zn, Ni, Co; сингония тригональная; цвет серый, желтоватый; черта белая; блеск стеклянный; твердость 3,5-4; спайность совершенная по ромбоэдру; с HCl реагирует в порошке, выделяя CO₂; флюс, огнеупор, строительный камень.

ЗОЛОТО Au

Au – 80-100%, примеси: Ag, Cu, Pd, Bi; сингония кубическая; цвет желтый; черта желтая, блестящая; ковкое; блеск металличе-

ский; твердость 2,5-3; плотность 15,6-18,3; валюта, ювелирные изделия, зубные коронки, приборы.

ИЛЬМЕНИТ FeTiO_3

Fe – 36,8%, Ti – 31,6%, примеси: Mg, Mn; стально-серый, черный, черта черная, буроватая; блеск полуметаллический; твердость 5-6; слабо магнитен; руда титана.

КАЛЬЦИТ CaCO_3

CaO – 56%, примеси: Mg, Fe, Mn, Zn, Sr; кристаллы тригональной сингонии, жилы, агрегаты; белый, серый, желтый; черта белая; блеск стеклянный, перламутровый; твердость 3; с HCl бурно выделяет CO_2 ; породообразующий минерал известняка, мела, мрамора; применяется в качестве флюса, для производства извести, цемента, стекла, в оптике.

КАОЛИНИТ $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$

Al_2O_3 – 39,5%; землистые агрегаты (глины); цвет белый, желтый, красный; черта белая; блеск матовый; твердость 1; гигроскопичен; применяется для производства керамики, шамотных изделий, цемента, наполнитель резины, бумаги.

КАССИТЕРИТ SnO_2

Sn – 78,8%, примеси: Fe, Ta, Nb, Ti, Mn, Zr, W; кристаллы тетрагональной сингонии, призматические, столбчатые; цвет бурый, желтый; черта светло-бурая; блеск алмазный, смоляной, жирный; твердость 6-7; плотность 7; руда олова.

КАРНАЛЛИТ $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Mg – 8,7%, K – 14,1%, примеси: Br, Rb, Cs, Li, Tl; бесцветный, бурый, желтый, красный; черта белая; блеск стеклянный; твердость 2-3; необычайно гигроскопичен – на воздухе расплывается в каплю рассола; сырье для получения магния, извлекают бром.

КВАРЦ SiO_2

Сингония тригональная, кристаллы призматические, друзы, агрегаты, жилы; цвета разнообразные: белый, желтый, фиолетовый, красный, дымчатый, черный, порошок белый; блеск стеклянный; твердость 7; излом раковистый; применяется для производства стекла, химической посуды, хрусталя, керамики, абразива (карбида кремния), в радиотехнике (пьезокварц), оптике, ювелирном деле.

КИНОВАРЬ HgS

Hg – 86,2%; сингония тригональная; цвет и черта красные; блеск алмазный; твердость 2-2,5; спайность совершенная в одном направлении; плотность 8,1; руда ртути, краситель.

КОРУНД Al_2O_3

Al – 53,2%, примеси: Fe, Cr, Mn, Ti; сингония тригональная, кристаллы короткопризматические; цвет серый, синий (сапфир),

красный (рубин); порошок белый; блеск стеклянный; твердость 9; абразив, драгоценный камень.

КУПРИТ Cu_2O

Cu – 88,8%; сингония кубическая; цвет красный до свинцово-серого; черта буровато-красная; блеск алмазный; твердость 3,5-4; спайность совершенная по октаэдру; в окисленных медных рудах.

ЛЕПИДОЛИТ $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{F},\text{OH})_2$

Li_2O – 1,2-5,9%, примеси: Mg, Fe, Mn, Ca, Na, Rb, Cs; цвет розовый или бледно-фиолетовый; прочие свойства (см. СЛЮДЫ); руда лития.

МАГНЕЗИТ MgCO_3

MgO – 47,6%, примеси: Fe, Mn, Ca; белый, серый; черта белая; блеск стеклянный; твердость 4-4,5; спайность совершенная по ромбоэдру; с HCl реагирует в порошке при нагревании, выделяя CO_2 ; огнеупорен, мягкий абразив, стойкая штукатурка.

МАГНЕТИТ Fe_3O_4

Fe – 72,4%, примеси: Mg, Al, Ti, Cr, Mn Zn; кристаллы кубической сингонии, агрегаты, псевдоморфозы по гематиту (мушкетовит); темно-серый, черный; черта черная; блеск полуметаллический; твердость 5,5-6; сильно магнитен, руда железа.

МАЛАХИТ $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$

Cu – 57,4%; натечные и лучистые агрегаты; цвет и черта зеленые; блеск стеклянный, алмазный, шелковистый; твердость 3,5-4; с HCl бурно выделяет CO_2 ; поделочный камень, зеленая стойкая краска.

МАРКАЗИТ FeS_2

Fe – 46,6%, примеси: As, Sb, Ti; кристаллы ромбической сингонии, стяжения, псевдоморфозы по органическим остаткам; прочие признаки сходны с ПИРИТОМ.

МИКРОКЛИН $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$

Сингония триклинная, из группы ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ.

МИРАБИЛИТ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Сингония моноклинная; цвет белый, светлый различных оттенков; черта белая; блеск стеклянный; твердость 1,5-2; очень хрупок; спайность совершенная в одном направлении; растворим в воде, горек; применяется в производстве соды, стекла, в медицине.

МОЛИБДЕНИТ MoS_2

Mo – 60%, иногда содержит примесь рения; листоватые и чешуйчатые агрегаты; свинцово-серый; черта серая; блеск металлический; спайность весьма совершенная; пишет на бумаге; руда молибдена, рения.

МУСКОВИТ $\text{KAi}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

Белый или желтый из группы СЛЮД; применяется в электро- и радиотехнике, при производстве кровельных материалов.

НЕФЕЛИН $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$

Бесцветный, серый, розовый; черта белая; блеск жирный; твердость 5-6; породообразующий минерал щелочных магматических пород; руда алюминия.

ОЛИВИН $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$

Темно-зеленый; черта белая; блеск стеклянный; твердость 6,5-7; плотность 3,3-3,5; породообразующий минерал ультраосновных магматических пород; огнеупор.

ОРТОКЛАЗ $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$

Сингония моноклинная – минерал из группы ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ.

ОПАЛ $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Твердый гидрогель; бесцветный, примесями бывает окрашен в различные светлые тона; черта белая; блеск стеклянный, перламутровый; твердость 5-5,5; поделочный камень, абразив, кизельгур идет для изготовления фильтров, керамики и пр.

ПЕНТЛАНДИТ $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$

Примесь кобальта; цвет бронзово-желтый; черта черная; блеск металлический; твердость 3-4; спайность совершенная по октаэдру; руда никеля.

ПИРИТ FeS_2

Fe – 46,6%, S – 53,4%, примеси: Cu, Co, Au Ag, Ni, As, Sb, Ge, Ga, Se, Te, Tl, Hf; кристаллы кубической сингонии, прожилки, агрегаты, вкрапленность; латунно-желтый; черта черная; блеск металлический; твердость 5,5-6,5; используется для производства серной кислоты, извлекаются золото и другие компоненты.

ПИРОКСЕНЫ

Группа цепочечных силикатов с радикалом $[\text{Si}_2\text{O}_6]$; сингония моноклинная, цвет темно-зеленый до черного, черта белая, зеленоватая, блеск стеклянный, твердость 5-6, спайность совершенная в двух направлениях под углом 90° ; породообразующие минералы.

ПИРОЛЮЗИТ MnO_2

Mn – 63,2%; цвет черный; черта черная; блеск матовый; твердость 2-6; руда марганца.

ПИРРОТИН FeS

Fe – 60%, примеси: Cu, Ni, Co, Mn, Zn, Pt; бронзово-желтый; черта черная; блеск металлический; твердость 4; сильно магнитен; сырье для производства серной кислоты, извлекаются ценные примеси.

ПЛАГИОКЛАЗЫ

Непрерывный изоморфный ряд альбитовой $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и анортитовой $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ молекул из группы ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ.

ПЛАТИНА Pt

Примеси: Os, Ir, Rh, Pd, Fe, Ni; сингония кубическая; цвет и черта серые; блеск металлический; твердость 5; электропроводная; ковкая; магнитная; плотность 14-19; применяется для изготовления тиглей, как катализатор и в электротехнике.

ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ

Из группы каркасных силикатов: калиевые ортоклаз и микроклин, натро-кальциевые – плагиоклазы; имеют светлую окраску; черта белая; блеск стеклянный; твердость 6; спайность совершенная в двух направлениях под углом 90^0 ; породообразующие минералы.

ПСИЛОМЕЛАН $MnO_2 \cdot nMnO_2 \cdot kH_2O$

Примеси: Ca, Co, Mg, Zn, Fe; цвет и черта черные; блеск матовый; твердость 1,5-5; руда марганца.

РЕАЛЬГАР AsS

As – 70,1%; сингония моноклинная; чешуйчатые, землистые агрегаты; цвет и черта оранжевые; блеск алмазный, жирный; твердость 1,5-2; руда мышьяка.

РОГОВАЯ ОБМАНКА $Ca_2Na(Mg,Fe^{2+})_4(Al,Fe^{3+})[(Si,Al)_4O_{11}]_2(OH)_2$

Сингония моноклинная; цвет темно-зеленый до черного; черта белая, зеленоватая; блеск стеклянный; твердость 5-6; спайность совершенная в двух направлениях под углом 124^0 ; породообразующий минерал.

РУТИЛ TiO_2

Ti – 60%, примеси: Fe, Sn, Cr, V; кристаллы тетрагональной сингонии; цвет бурый, красный, черный; черта желтая, светло-бурая; блеск алмазный; твердость 6; спайность совершенная по призме; руда титана.

СЕРА S

Примеси: Te, As; сингония ромбическая; цвет и черта желтые; блеск алмазный, жирный; твердость 1-2; горит; применяется для производства серной кислоты, вулканизации резины.

СЕРПЕНТИН $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$

Темно-зеленый до черного; черта белая, зеленоватая; блеск стеклянный; твердость 2,5-3; породообразующий минерал, огнеупор, строительный камень.

СИДЕРИТ $FeCO_3$

Fe – 48,3%, примеси: Mg, Mn; серый, буровато-серый; блеск стеклянный; твердость 4; спайность совершенная по ромбоэдру; плотность 3,9; с HCl выделяет CO_2 в порошке при нагревании; руда железа.

СИЛЬВИН KCl

Примеси: Br, Rb, Cs; сингония ромбическая; цвет белый, розовый; блеск стеклянный; твердость 1,5-2; хрупок; спайность совершенная в одном направлении; растворяется в воде; горько-соленый; сырье для производства минеральных удобрений, поташа, стекла.

СЛЮДЫ

Минералы из группы листовых силикатов; сингония моноклинная; кристаллы пластинчатой формы, чешуйки; блеск стеклянный; твердость 2-3; спайность весьма совершенная; листочки упругие; породообразующие минералы.

СФАЛЕРИТ ZnS

Zn – 67,1%, примеси: Fe, Cd, In, Ca, Mg, Hg; бурый, черный, серый; черта желтая, бурая; блеск алмазный; твердость 3-4; спайность совершенная в двух направлениях; руда цинка.

ТАЛЬК $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$

Сингония моноклинная; светло-зеленый до белого; черта белая; блеск стеклянный; твердость 1; спайность весьма совершенная; породообразующий минерал метаморфических пород; наполнитель бумаги и резины, огнеупор применяется также для изготовления кислотоупорных сосудов, труб.

ТОПАЗ $Al_2[SiO](F, Cl, OH)_2$

Сингония ромбическая; бесцветный, голубой, зеленый, красный, порошок белый; блеск стеклянный; твердость 8; спайность совершенная в одном направлении; полудрагоценный камень.

ТУРМАЛИН $(Na, Ca)(Mg, Al)_6[B_3Al_3Si_6(O, OH)_{30}]B_2O_3$

Примеси: K, Li, Mn, Cr, Cl, F; призматические, игольчатые кристаллы тригональной сингонии; цвет часто бурый и черный, реже окрашен в яркие цвета; блеск стеклянный; твердость 7-7,5; используется в электротехнике и ювелирном деле, извлекается бор.

ФЛОГОПИТ $KMg_3[Si_3AlO_{10}](F, OH)_2$

Из группы СЛЮД.

ФЛЮОРИТ CaF_2

Примеси: J, Ce, Sr; кристаллы кубической сингонии, агрегаты; бесцветный или окрашен в различные яркие цвета, иногда черный; черта белая; блеск стеклянный; твердость 4; спайность совершенная по октаэдру; светится в ультрафиолетовых и рентгеновских лучах; флюс, используется в оптике и для производства плавиковой кислоты.

ХАЛЦЕДОН SiO_2

Скрытокристаллический или аморфный (см. КВАРЦ).

ХАЛЬКАНТИТ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

Cu – 31,8%; сингония триклинная; голубой, синий; блеск стеклянный; твердость 2,5; очень хрупок; растворим в воде; вкус

горький, вяжущий; используется в химической промышленности и для борьбы с вредителями садов.

ХАЛЬКОПИРИТ CuFeS_2

Cu – 34,6%; сингония тетрагональная; цвет латунно-желтый, часто побежалость; черта черная; блеск металлический; твердость 3-4; руда меди.

ХЛОРИТЫ

Листовые силикаты с общей формулой

$(\text{Mg,Fe})_{6-p}(\text{Al,Fe})_p[\text{Al}_p\text{Si}_{4-p}\text{O}_{10}](\text{OH})_8$, где $1 < p < 2$; цвет зеленый до темно-зеленого; черта белая, зеленоватая; блеск стеклянный; твердость 2–3; спайность весьма совершенная; листочки гибкие, но не упругие; породообразующий минерал в кристаллических сланцах.

ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ

По составу аналогичен СЕРПЕНТИНУ; светло-зеленый; образует поперечно-волокнистые прожилки в серпентине; используется для производства огнестойких тканей, асбоцемента.

ХРОМИТ FeCr_2O_4

Cr_2O_3 – 18-62%, примеси: Mg, Al, Ti, V, Mn, Zn, Co, Pt; сингония кубическая; цвет черный; черта бурая; блеск полуметаллический; твердость 5,5-7,5; богатые железом хромиты магнитны; руда хрома, огнеупор.

ЦЕРУССИТ PbCO_3

Pb – 77,5%, примеси: Zn, Ag, Fe; сингония ромбическая; цвет белый, желтый, бурый; черта белая; блеск алмазный до стеклянного; твердость 3-3,5; хрупок; плотность 6,4-6,6; с HCl бурно выделяет CO_2 ; руда свинца.

ШЕЕЛИТ CaWO_4

WO_3 – 80,6%, примеси: Mo, Cu; сингония тетрагональная; цвет серый, желтый, бурый; черта белая; блеск алмазный до стеклянного; твердость 4,5; спайность по октаэдру; плотность 5,8-6,2; руда вольфрама.

ЭЛЕКТРУМ (Au,Ag)

Ag – 15-50%, примесь Cu (см.ЗОЛОТО).

ЭПИДОТ $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4](\text{OH})$

Кристаллы моноклинной сингонии, призматические, шестоватые; цвет зеленый; черта белая; блеск стеклянный; твердость 6,5; спайность совершенная в одном направлении; апоскарновый минерал.

ПЕТРОГРАФИЯ

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Горные породы – это агрегаты минералов, представляющие собой парагенетическую ассоциацию и образующие обособленные тела в земной коре. Главные определяющие признаки горных пород: минеральный и химический состав, структуры и текстуры. При характеристике породы учитываются также окраска, физическое состояние и другие внешние признаки.

Минеральный состав горной породы определяется количественным соотношением в ней минералов, прежде всего породообразующих. Породообразующие – это главные минералы в породе, слагающие не менее 95% ее объема. Минералы примеси, доля которых составляет первые проценты, называются акцессорными. Горная порода содержит и редкие минералы, доля которых составляет менее 0,1%, иногда они представляют практический интерес (например платина).

Химический состав горной породы определяется содержанием в ней (в процентах массы) компонентов окислов: кремнезема SiO_2 , двуокиси титана TiO_2 , глинозема Al_2O_3 , окиси железа Fe_2O_3 , закиси железа FeO , извести CaO , магнезии MgO , окиси натрия Na_2O , окиси калия K_2O , воды H_2O , двуокиси углерода CO_2 и иногда некоторых других.

Структура горной породы определяется степенью кристалличности, размером, формой и взаимным отношением зерен и частиц. Частицами могут считаться кристаллы, обломки минералов и пород, стяжения. Зерна и частицы могут вообще отсутствовать при стекловатом или аморфном строении. Структуры, определяемые размером зерен, носят название по мере его убывания: гигантозернистые, крупнозернистые, среднезернистые, мелкозернистые, тонкозернистые, скрытокристаллические. Пределы указанных классов крупности в различных литературных источниках неодинаковы и зависят от целевого назначения классификации. В породах скрытокристаллической структуры размеры зерен составляют тысячные и сотые доли миллиметров и не различимы невооруженным глазом и даже под лупой. У тонкозернистых пород в обычную лупу, а часто и невооруженным глазом можно видеть наличие отдельных зерен (при крупности более 0,1–0,2 мм). Нижние пределы крупности следующих классов можно принять соответственно 0,5, 2, 5, 20 мм. Если в породе резко преобладают зерна одного–двух смежных классов, ее называют равнозернистой (рис. 31,а, б), но если присутствуют в заметных количествах зерна трех или более

классов или несмежных классов, структура называется неравнозернистой (рис. 31,в, е). По степени кристалличности все структуры, образовавшиеся в результате кристаллизации расплава, перекристаллизации или метасоматоза (то есть замещения одних минералов другими), при крупности зерен более 0,1-0,2 мм можно назвать кристаллически зернистыми. Если раскристаллизована вся масса породы, структуру называют полнокристаллической. Если порода не раскристаллизована, а представляет собой вулканическое стекло, структура ее так и называется стекловатой или афировой. В породах порфировой структуры зерна-кристаллы правильной формы (порфиновые вкрапленники) располагаются равномерно в стекловатой или скрытокристаллической основной массе (рис. 31,г). Если основная масса полнокристаллическая (например мелкозернистая), то структура породы называется не порфировой, а порфировидной (см. рис. 31,в).

Обломочные структуры горных пород, образовавшихся в результате механического разрушения земной коры и последующего осаждения материала, также подразделяются по крупности и носят названия: крупнообломочные или псефитолитовые (крупнее 20 мм), среднеобломочные или псефитовые (от 2 до 20 мм), мелкообломочные или псаммитовые (0,2-2 мм), тонкообломочные или алевроитовые (0,02-0,2 мм) и глинистые или пелитовые (тоньше 0,02 мм).

Зерна в полнокристаллических структурах часто имеют правильную форму и называются идиоморфными, в других случаях минеральные зерна не имеют правильной формы и называются ксеноморфными. Структуры, где почти нет идиоморфных зерен, называются аллотриоморфными или гранобластовыми (см. рис. 31,а, д). Если в породе часть минералов представлена идиоморфными зернами, а другая часть ксеноморфными, структуру называют гипидиоморфной или гетеробластовой (см. рис. 31,б). Первые названия применяются для интрузивных пород – продуктов кристаллизации магмы, а вторые для метаморфических горных пород – продуктов динамического, термального и химического изменения других пород. Иногда почти все зерна в агрегате имеют правильную форму, такие структуры называются панидиоморфными.

Текстуры горных пород определяются ориентировкой, формой, взаимным расположением и пространственным распределением минеральных агрегатов (морфологических элементов). Морфологическими элементами являются пятна, шпирь, полосы, слои, обломки, пустоты, поры, окаменелая флора и фауна. По количеству пор и пустот в породе текстуры делятся на массивные (поры практически отсутствуют) и пористые. Крупные поры хорошо различимы невооруженным глазом, а тонкие поры (капилляры) обна-

руживаются по способности породы поглощать воду или по малой ее плотности.

Текстуры, где минералы в агрегате расположены равномерно и беспорядочно, называются однородными (см. рис. 31). Если минералы группируются в агрегате в виде пятен (пятнистая текстура, рис. 32,а), обломков или псевдообломков (брекчиевидная текстура, рис. 32,б), текстуры относятся к неоднородным, но неориентированным.

Часто зерна минералов обнаруживают ориентировку или образуют полосы. Это ориентированные неоднородные текстуры. Среди них выделяют полосчатые или гнейсовидные (рис. 32, в), а если порода легко раскалывается по плоскостям, то сланцеватые или плитчатые (рис. 32, г). Слоистые текстуры горных пород, в отличие от сланцеватых, образуются при первичном осаждении обломочного или растворенного материала.

В скрытокристаллических породах вулканического происхождения из кислой лавы при отсутствии порфировых вкрапленников иногда наблюдаются следы течения вязкого лавового потока (рис. 32,д). Такие текстуры называются флюидальными.

Горные породы классифицируются на основе следующих признаков, используемых в той или иной последовательности: генезис – химический или минеральный состав – структура – текстура – физическое состояние. Схема генетической классификации приведена на рис. 33.

Интрузивные породы образуются при кристаллизации дифференциации магмы на глубине нескольких тысяч метров внутри земной коры. Медленная кристаллизация обуславливает образование полнокристаллических структур и однородных массивных текстур. Иногда наблюдается ориентировка минеральных зерен. В приконтактных зонах интрузивных тел часто наблюдается более сложное строение пород вследствие ассимиляции магмой пород кровли, часто сопровождающейся разломами и интенсивным дроблением. Так называемые интрузивные (эруптивные) брекчии характеризуются брекчиевидной (такситовой) текстурой, где обломки интрузивной породы одного состава цементируются и секутся прожилками другой интрузивной породы. Дифференциация магмы, вследствие выпадения из расплава, в первую очередь, тугоплавких и относительно тяжелых железисто-магнезиальных силикатов, приводит к образованию различных по составу интрузий. Интрузивные горные породы по составу делятся на кислые (более 65% SiO_2): граниты, гранодиориты и кварцевые диориты; щелочные (50–60% SiO_2 и до 20% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$): сиениты, сиенитодиориты и нефелиновые сиениты: средние (55–65% SiO_2) – диориты; ос-

новные (45–55% SiO_2) – габбро и ультраосновные (менее 45% SiO_2): пироксениты, перидотиты, дуниты. По мере повышения основности в породах, как правило, увеличивается количество темноцветных железисто-магнезиальных силикатов. Гигантозернистые кислые и щелочные интрузивные породы называются пегматитами, а скрытокристаллические – микрогранитами, микрогаббро и т.д.

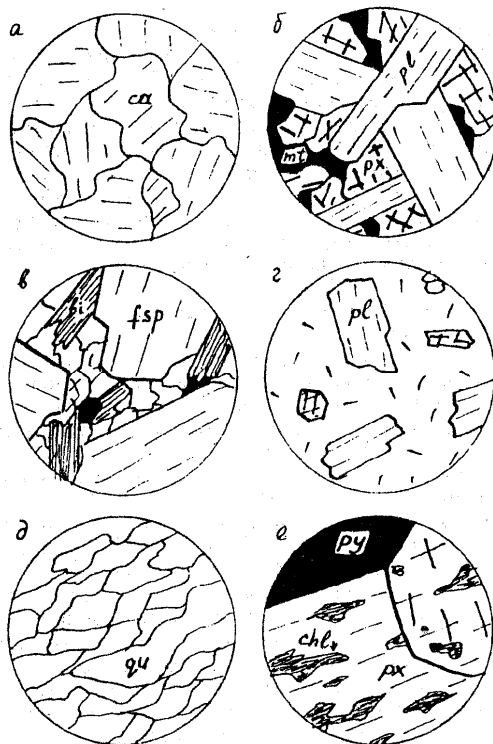


Рис. 31. Структуры горных пород:

- а – мрамор гранобластовой структуры;
- б – диабаз гипидиоморфной (офитовой) структуры;
- в – сиенит-порфир порфировидной структуры;
- г – порфирит пироксен-плагиоклазовый порфировой структуры;
- д – кварцит аллотриоморфной структуры, текстура ориентированная;
- е – вторичные вкрапления хлорита в пироксене

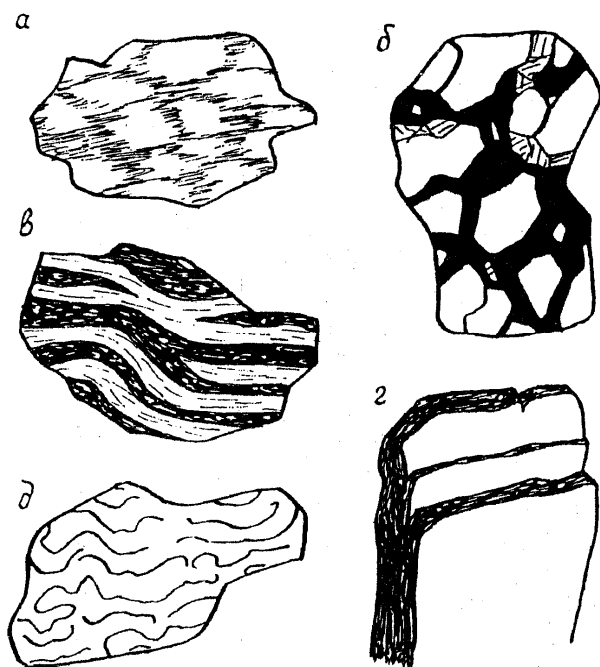


Рис. 32. Текстуры горных пород неоднородные (однородные см. на рис 31):

- а – пятнистое распределение хлорита в карбонатной породе;
- б – магнетитовая руда брекчиевидной текстуры – обломки гранатового скарна цементируются тонкозернистым магнетитом и остаточным кальцитом;
- в – гнейс, участки кварцполевошпатового состава чередуются с полосами, обогащенными биотитом;
- г – кристаллический сланец плитчатой текстуры;
- д – кислая лава флюидальной текстуры

Жильные породы образуются при кристаллизации магмы в трещинах земной коры. Остывание расплава идет быстрее, чем в интрузиях. Поэтому для жильных пород характерны порфировидные, офитовые или аплитовые структуры. Эти породы по химическому и минеральному составам являются аналогами соответствующих интрузий: для гранитов – гранит-порфиры и гранит-аплиты, для сиенитов – сиенит-порфиры, для диоритов – диорит-порфириты, для габбро – габбро-порфириты и диабазы, для ультраосновных пород – лампрофиры.

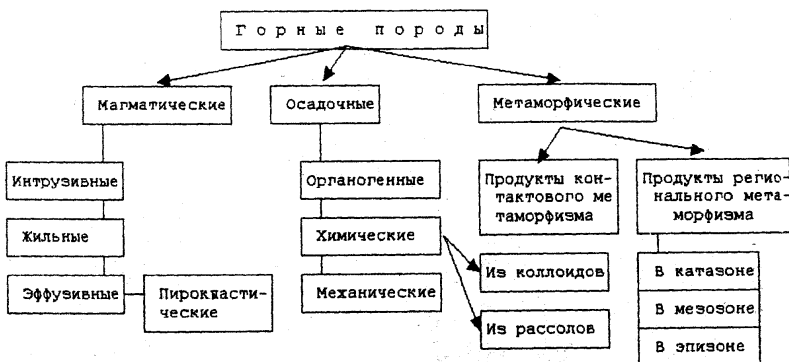


Рис. 33. Схема генетической классификации горных пород

Кристаллизация эффузивных горных пород происходит на поверхности Земли после излияния лавы, поэтому структуры их порфировые и афировые, а текстуры массивные однородные, пористые, иногда флюидальные. При заполнении пор вторичными минералами образуются миндалины, а текстуры называются миндалекаменными. Вулканические породы: эффузивные и пирокластические так же, как интрузивные и жилные, классифицируются по составу – кислые: липариты и кварцевые порфиры; щелочные: трахиты и бескварцевые порфиры; средние: андезиты и андезитовые порфириты; основные: базальты, базальтовые порфириты.

Пирокластические породы образуются, в основном, из твердых продуктов вулканизма (бомбы, лапилли, пепел) и называются туфами соответствующих эффузивов, например, туф липарита или туфобрекчия базальтового порфирита. Структура туфов обломочная, текстура пористая, а для древних пирокластов массивная.

Они также классифицируются по размеру обломков (табл. 25).

Механические осадочные породы образуются при отложении и последующем уплотнении (диагенезе) обломочного материала – продуктов разрушения различных горных пород. Они классифицируются по физическому состоянию на рыхлые и скальные, по форме обломков на окатанные и неокатанные, и по размеру обломков (табл. 25 и 27). Песчано-глинистые породы, являющиеся смесью мелких, пылевидных и глинистых частиц, подразделяются по содержанию песчаной фракции (табл. 28).

Химические осадочные породы образуются при осаждении из коллоидных или истинных растворов. Из последних наиболее часто встречаются каменная и калийная соли, гипс и ангидрит; из коллоидных растворов осаждаются руды железа (бурые железняки) и марганца, а также бокситы.

Органогенные осадочные породы возникают при отложении большого количества останков флоры и фауны. Они подразделяются, прежде всего, по составу – силикатные: диатомит, трепел; карбонатные: известняк, мел, доломит; фосфатные: фосфорит; каустобиолиты (горючие): торф, бурый и каменный уголь.

Продукты контактового метаморфизма образуются в связи с контактами интрузий под влиянием высокой температуры, когда первичные породы подвергаются перекристаллизации без существенного изменения состава, и при метасоматозе, когда одни минералы, реагируя с веществом, поступающим от интрузии, замещаются другими минералами. В первом случае известняк превращается в мрамор, а силикатные породы в роговики. При метасоматозе на месте первичных пород образуются роговики-метасоматиты или скарны.

Роговики – это породы обычно тонкозернистой (афанитовой) структуры с раковистым матовым изломом. По составу они бывают весьма различны от кислых и щелочных (кварц-полевошпатовых) до основных (пироксен-плаггиоклазовых).

Последние иногда трудно отличимы от скарнов, которые образованы обычно пироксеном и гранатом с сопровождением апоскарновых минералов: хлорита, эпидота, кальцита и др.

Продуктами динамического и регионального метаморфизма, возникающими вне видимой связи с интрузиями, являются в катазоне (при очень высоком давлении и температурах выше 300°) гнейсы и амфиболиты, в мезозоне (при высоком давлении и температурах 200-300°) кристаллические сланцы, состоящие из слюд, талька, хлорита, карбонатов, кварца и носящие соответствующие названия (сланцевые, тальковые и т.п.), в эпизоне (при относительно низких давлениях и температурах до 200°) слабоизмененные глинистые породы: филлит и глинистый сланец. Вторичный кварцит – также продукт наиболее активного регионального метаморфизма в мезозоне. Серпентинит образуется при гидролизе ультраосновных магматических пород. Каменный уголь, антрацит и графитовый сланец являются последовательными продуктами по мере возрастания интенсивности регионального метаморфизма бурых углей.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД С ПОМОЩЬЮ ТАБЛИЦ

Внешний облик, состав и свойства горных пород являются следствием процессов, приводящих к их образованию.

Поэтому породам родственного генезиса свойственно много общих черт. Однако горные породы различного происхождения нередко бывают весьма сходными, а в ряде случаев такие две по-

роды без изучения под микроскопом или без специальных исследований различить невозможно. Поэтому наш метод приближенной визуальной диагностики наиболее распространенных горных пород – это поиск, который применим в поле, когда нет специальной исследовательской аппаратуры и приборов. В лучшем случае при этом под рукой может оказаться осколок стекла, фаянсовый черепок, металлический предмет: молоток, нож, гвоздь и, возможно, пузырек с разбавленной соляной кислотой, лупа – это те предметы, которые несколько облегчают работу в поле и аудитории.

Для определения горной породы нужно уметь определить порообразующие минералы, если их индивиды (зерна) настолько велики, что поддаются диагностике, необходимо также знание основ петрографии хотя бы на первом уровне усвоения (после слушания курса лекций). Для приближенного визуального определения горных пород проведена систематизация их внешних признаков и некоторых простейших свойств.

Породы группируются по наличию общих признаков (табл. 25); выделение определяемой породы из группы сходных производится с помощью ряда последующих таблиц по признакам и свойствам, присущим только данной породе. Таким образом, определение горной породы сводится к последовательному сужению группы чем-то сходных пород и приближению методом исключения отсутствующих у породы признаков к более или менее точной ее диагностике. Конструктивно (рис. 34) поиск разбивается на два этапа:

- отнесение породы к группе с рядом общих признаков в табл. 25;
- определение горной породы по одной из последующих таблиц.

Имея штуф или пробу горной породы, нужно сразу же отнести ее к одной из трех групп: скальным, рыхлым или горючим. Рыхлые породы от скальных отличает любой человек, даже не знающий петрографии. Скальные породы сохраняют форму штуфа и в сухом состоянии, и на долгое время погруженные в воду (исключая растворимые соли); рыхлые рассыпаются сразу (например, гальки, песок, пыль) или быстро размокают в воде, образуя суспензию или тесто (глина). Горючие горные породы для удобства выделены в особую группу (торф и угли).

Итак, предположим, что у Вас в руках штуф скальной породы. Царапните его стеклом или гвоздем. Если стекло не царапает образец, а железный предмет оставляет блестящую черту, значит большинство порообразующих минералов имеют относительную твердость 5 или более по шкале Мооса. Тогда обратите внимание на структуру породы. Она может быть полнокристаллической или

порфиrowой, скрытокристаллической, стекловатой или обломочной. Если порода имеет полнокристаллическую или порфиrowую структуру, обратите внимание на ее текстуру. Если она любая, но неориентированная: однородная, пятнистая, брекчиевидная, – выбирайте табл. 26, если же текстура породы полосчатая (гнейсовидная), ищите ее в табл. 27. Породы скрытокристаллической структуры определяйте по табл. 28, а обломочной – по табл. 29. Заметим, что в породах обломочной структуры почти всегда преобладают обломки твердых пород и минералов, но цемент может быть мягким.



Рис. 34. Определение горных пород. Последовательность операций и логическая схема таблиц

Выше речь шла о породах, состоящих преимущественно из твердых минералов. Вернемся к тому случаю, когда штуф скальной породы царапается стеклом или железным предметом. Тогда сразу обратите внимание на текстуру породы. Если текстура ориентированная (сланцеватая или плитчатая), выбирайте табл. 27, в противном случае ведите поиск по табл.30. Рыхлые породы определяются по табл. 31, а песчано-глинистые дополнительно по табл. 32. Для диагностики горючих пород служит табл. 33. При наличии примечаний к таблицам на них необходимо обращать внимание.

При использовании табл. 26 определяются большая часть магматических пород и некоторые сходные с ними метаморфические. Эти породы различаются между собой, в основном, по минеральному составу. Основной, наиболее легконаблюдаемый, признак – содержание в породе темноцветных минералов. Упрощая табл. 26, можно было бы написать: если темноцветные отсутствуют или их менее 20%, порода кислая или щелочная; если их от 20 до 50%, порода средняя; от 50 до 90% – основная; 90-100% – ультраосновная. Для более точного определения породы необходимо установить наличие или отсутствие кварца или нефелина. Нефелин присутствует только в щелочных породах, но не обязательно, кварц же в них обычно отсутствует. Для ультраосновных пород необходимо определить породообразующие минералы. Пироксен легко отличим от оливина по наличию спайности. Амфиболы от пироксенов надежно отличить не всегда удается. Их зерна чаще имеют вытянутую форму. У эффузивных пород отдельные минералы можно наблюдать только в порфирированных вкрапленниках. Количественные соотношения их там определяются труднее, чем в интрузивных породах. Чаще всего эффузивы диагностируются по окраске: более светлые красновато-буроватых оттенков относятся к кислым, а темные с зеленоватым оттенком – к основным. Отличить палеотипные эффузивы от кайнотипных можно, имея хороший навык работы с каменным материалом.

При использовании табл. 27 среди пород, где преобладают твердые минералы, различают гнейсы и амфиболиты. Первые имеют кислый или щелочной состав, а последние – средний основной. Поэтому в амфиболитах значительно больше темноцветных минералов, которые представлены, в основном, игольчатыми зернами почти черной роговой обманки, обычно ориентированными вдоль полосчатости, но не всегда. Среди метаморфических пород, образованных преимущественно мягкими минералами, преобладают кристаллические сланцы. Образующие их листовые силикаты различаются в основном по цвету (талк и хлориты). Присутствуют карбонаты и кварц.

Горные породы скрытокристаллической структуры (см. табл. 28) диагностируются значительно труднее, чем породы с более круп-

ными зернами минералов. Легче всего устанавливается их состав (кислый, основной и т.д.) и труднее – происхождение. Легко определяются поделочные яшмы по характеру их причудливого текстурного рисунка и обсидиан по раковистому блестящему излому и стекловатой структуре. Сравнительно легко узнаются и гранатовые скарны по желтовато-бурому цвету и жирному блеску на изломе. Легко спутать скрытокристаллические жильные породы аплитовой структуры, афировые эффузивы и роговики. Здесь чаще всего окончательное определение делается при изучении шлифа под микроскопом.

При определении обломочных скальных пород (см. табл. 25) для неопытного человека наибольшую трудность представляет различие типично осадочных и пирокластических пород, особенно мелкообломочных. Необходимо помнить, что обломки осадочных пород, как правило, лучше окатаны и представлены породами, испытывавшими долговременное воздействие экзогенных процессов. В конгломератах бывает много кремнистых пород и кварцевых галек, а в туфобрекчиях – обломков эффузивов. В песчаниках часто преобладает кварц, а в мелкообломочных туфах – обломки кристаллов полевых шпатов, вулканическое стекло и т.п. Размер обломков измеряется на глаз точно (10% относительных), если обломки крупнее 2 мм. Точность эта падает при определении тонкообломочных пород. Обломки мельче 0,1-0,2 мм почти не различаются невооруженным глазом. Кроме состава, размера и формы обломков, определяется состав цемента.

Цемент тверже стекла – кремнистый, мягче стекла при выделении пены углекислого газа кислотой – известковый, гигроскопичный цемент – глинистый.

В табл. 30 фигурируют как осадочные, так и метаморфические породы, весьма различные по составу, но они довольно легко различаются по цвету, а большей частью с помощью соляной кислоты и воды.

Использование табл. 31, 32 и 33 особых пояснений не требует, разве что все определения в нашем случае делаются на глаз, приближенно: как размеры обломков, так и количественные соотношения песчаных и глинистых фракций. Углистые породы по мере увеличения интенсивности их метаморфизма содержат больше свободного углерода, цвет их и цвет черты темнеют до черного, а плотность уменьшается. Конечным продуктом метаморфизма углистого вещества является графит.

Отчет о работе по определению горной породы включает в себя, во-первых, краткое письменное изложение процесса изучения и определения породы и, во-вторых, результаты определения – подробное петрографическое описание образца или пробы. Первая часть отчета при определении каждого образца представляет собой табл. 34. Вторая часть отчета оформляется в виде текстовой записки, изложенной литературным языком, по нижеследующему плану.

План петрографического описания горной породы

1. Название горной породы. В название породы часто включают сведения о минеральном составе, которые отличают породу от ближайших ей родственных по генезису и составу горных пород. Так, для интрузивных пород в название входит темноцветный минерал, для пород эффузивных, осадочных и метаморфических – один или два породообразующих минерала. Например, гранит биотитовый, роговик пироксен-плагиоклазовый, песок кварцевый и т.д.

2. Цвет породы и цветовые оттенки. Этот признак воспринимается субъективно и получает произвольную характеристику. Например, светло-серый с желтоватым оттенком, болотно-зеленый, мясо-красный и т.п.

3. Минеральный состав. Перечисляются все породообразующие и акцессорные минералы и дается по возможности оценка их количественных соотношений в породе. Отмечаются специфические особенности некоторых минералов, например, окраска полевых шпатов. В обломочных породах отдельно дается описание литологического или минерального состава обломков и состав цемента.

4. Структура породы. Здесь подробно описываются все особенности строения элементов, из которых состоит горная порода (зерен, обломков, стяжений) и дается название структуры по крупности зерен преобладающих минералов, по степени кристалличности и идиоморфизма зерен.

5. Текстура горной породы. Приводятся подробное описание характеристики распределения главных минералов в агрегате, ориентировка их зерен, сланцеватости, текстурного рисунка, отмечаются трещиноватость, пористость, дается название текстуры.

6. Если необходимо, описываются вторичные изменения, выветрелость, другие характерные для данной породы особенности.

Примеры описания горных пород

Пример 1. Мрамор светло-серый с желтоватым оттенком. Кальцит составляет практически 100% объема породы. Размер его зерен колеблется от 2 до 4 мм, форма их неправильная, изометричная. Структура породы гранобластовая, среднезернистая, текстура массивная, однородная. Иногда наблюдаются мелкие трещины различных направлений, по которым развиваются пленки глинисто-охристого состава.

Пример 2. Суглинок бурый. В его состав входит 15–20% песчаного материала, представленного, в основном, кварцем желтого и белого цвета размером 0,3–1,5 мм.

Таблица 25

Группы горных пород, сходных по ряду признаков

Горные породы										
Минеральный состав	Текстура по пористости	Скальные					Рыхлые		Горючие	
		Гнейсовидных полосчатых, плитчатых текстур	Кристаллические зернистые неориентированных текстур			Скрытокристаллические стекловатые афировые	Обломочные			
			Полнокристаллические		Порфировые					
Преобладают твердые минералы	Монолитные	Табл.27	Табл. 26			Табл.28	Табл.29	Табл.31	Табл.33	
		Гнейсы, амфиболиты	Интрузивные: граниты, сиениты, диориты, габбро и др. кварциты, скарны	Жильные: гранит-порфиры, диабазы, лампрофиры и др.	Эффузивные: липариты, порфиры, порфириты, базальты и др.	Микроинтрузивы, лавы, роговики, кварциты, скарны, яшмы	Туфобрекчии, брекчии, конгломераты	Глыбы, валуны, гальки, гравий, дресва	Торф, горючий сланец	
	Пористые, ноздреватые		Глинистый сланец	Нет		Нет	Табл. 30	Песчаники, алевролиты, аргиллиты		Пески, лесс, глина, табл.32
Пемза, опока, трепел, мергель, мел, ракушечник известняк плотный, доломит, гипс, ангидрит, серпентинит										
Преобладают мягкие минералы		Филлиты, кристаллические сланцы	Табл.30		Нет		Нет			
			Мрамор, гипс, каменная соль, сильвинит							

Таблица 26

Горные породы скальные, образованные преимущественно твердыми минералами, неориентированных текстур, кристаллически зернистых структур

Обычная окраска, количество темноцветных (в скобках)	Характерный или преобладающий породообразующий минерал	Структура по степени кристалличности		
		Полнокристаллическая	Порфировая, преобладают порфиновые вкрапленники	основная масса
Светлая: красноватая, розоватая, желтоватая, зеленоватая (0-30%)	Кварц 95-100%	Кварцит	-	-
	Кварц 15-30%	Гранит	Гранит-порфир	Липарит (1) и кварцевый порфир (2)
	Есть кварц	Гранодиорит	Гранодиорит-порфир	Трахит (1) и бескварцевый порфир
	Кварца нет	Сиенит	Сиенит-порфир	-
Пестрая до темно-зеленой (30-80%)	Есть кварц	Нефелиновый сиенит	-	-
	Нет кварца	Кварцевый диорит	Диорит-порфирит	Андезит (1), андезитовый порфирит (2)
	Темноцветных 50-80%	Диорит	Габбро-порфирит	Базальт (1), базальтовый порфирит (2)
Темно-зеленая до черной (до 100%)	Авгит до 100%	Габбро (3)	-	-
	Авгит и оливин	Диабаз (4)	Лампрофиры	Пикриты и пикритовые порфириты
	Оливин до 100%	Пироксенит, пироксеновый скарн (5) Перидотит	-	-
От темно-зеленой до медово-желтой и бурой	Дунит	Скарны (6) пироксен-гранатовые и гранатовые	-	-
	Пироксен и гранат, эпидот, хлорит, везувиан, кальцит и др.	-	-	-

Примечание. Цифры в скобках обозначают:

- 1 – породы кайнотипные (молодые);
- 2 – породы палеотипные (древние);
- 3 – габбро отличается аллотриоморфной "габбровой" структурой, где зерна всех минералов имеют неправильную форму;
- 4 – диабаз отличается "офитовой" структурой, где плагиоклаз

- идиоморфен, а авгит ксеноморфен;
- 5 – пироксеновые скарны отличаются от пироксенитов иногда более светлой окраской, как правило, меньшей прочностью, наличием апоскарновых минералов и реликтовых структур и текстур;
- 6 – скарны часто отличаются разнообразием текстурного рисунка: однородные, пятнистые, брекчиевидные, бурундучные и пр.

Таблица 27

Горные породы скальные, имеющие гнейсовидную, сланцеватую или плитчатую текстуру и, как правило, кристаллически-зернистую структуру

Окраска	Другие характерные признаки	Минеральный состав	Название породы
В основном твердые минералы			
Светлая		Полевые шпаты, кварц, слюды	Гнейс
Пестрая, темная		Игольчатые зерна роговой обманки и плагиоклаз	Амфиболит
Преимущественно мягкие минералы			
Белая, светло-желтая	Чешуйки серицита или других слюд	Серицит, кварц	Серицитовые и кварцево-серицитовые сланцы
Желтовато-буроватая		Мусковит, биотит	Слюдяные сланцы
Светло-зеленая	Мыльные на ощупь	Тальк	Тальковые сланцы
Темно-зеленая		Хлорит	Хлоритовые сланцы
Темная: серовато- и зеленовато-бурая	Шелковистый блеск	Минералы группы глин, биотит, хлорит и др.	Филлит
	Мыльный на ощупь	Минералы группы глин	Глинистый сланец

Примечание. Между этими породами возможны постепенные переходы и промежуточные смешанные разновидности; породы с примесью карбонатов называются тальково-карбонатными, хлорито-карбонатными и т.д.

Таблица 28

Горные породы скальные, образованные преимущественно твердыми минералами, скрытокристаллической или стекловатой структуры

Окраска, блеск,	Преобладающая текстура	
	Однородная	Пятнистая, поло- счатая, брекчие- видная, прожилко- вая
От белой до желтой, розо- вой и зеленоватой	Микрограниты, гранит- аплиты, роговики кварц-альбитовые	Роговики кварц- альбитовые, скар- нированные
Буровато-розовая	Кислые лавы (2), ли- паритовые и трахито- вые порфиры, рогови- ки кварц-альбитовые	
Серая, зеленовато-серая	Роговики пироксен-плагиоклазовые (1)	
Желтовато-бурая, темно- бурая, блеск жирный	Гранатовые скарны	
Темная, буровато-дымча- тая, излом раковистый	Обсидиан	
Яркие, пестрые, чаще красновато-бурых тонов	Яшмы	

Примечание. Цифры в скобках обозначают:

- 1 – для роговики характерны гладкие криволинейные матовые поверхности излома, напоминающие раковистый, как у фаянсового черепка.
- 2 – кислые эффузивные породы при отсутствии порфировых вкрапленников имеют текстуры течения (флюидальные).

Таблица 29

Горные породы скальные обломочного строения.
Обломки представлены в основном твердыми минералами и горными породами

Размер обломков, мм	Обломки неокатанные		Обломки окатанные, среди них часто преобладают кремнистые породы и кварцевые гальки
	Преобладают вулканические породы с порфировой и стекловатой структурой	Встречаются различные породы (см. примечание 1)	
Более 20	Тусобрекчии	Брекчии	Конгломераты
2-20	Туфы мелкообломочные	Брекчии мелкообломочные	Гравелиты
0,2-2	Туфопесчаники (1,2)	Песчаники (3)	

0,02-0,2	Туфоалевролиты (2)	Алевролиты	
Менее 0,02	Туффиты (2)	Аргиллиты (4)	

К табл. 29. Цифры в скобках обозначают:

- 1 – в породах типа брекчий преобладают обломки различных горных пород, имеющих развитие в близлежащем районе, наличие известкового или глинистого цемента указывает на осадочное происхождение породы; если обломки брекчий представлены в основном вулканогенным материалом, то вопрос о происхождении породы (осадочном или пирокластическом) окончательно решается при изучении ее под микроскопом;
- 2 – туфопесчаниками и туффитами называют породы, где вулканогенный материал подвергся при размыве и переносе водой смешиванию с материалом осадочного происхождения;
- 3 – песчаники различаются по минеральному составу обломков: кварцевые (более 90% кварца), аркозовые (преобладают кварц и полевые шпаты), полимиктовые (много темноцветных минералов), граувакковые (темноцветные минералы преобладают);
- 4 – в алевролитах и аргиллитах преобладают минералы группы глин.

Таблица 30

Горные породы скальные, образованные в основном мягкими минералами, чаще имеющие неориентированные структуры

Густота и тип окраски	Характерные свойства или обдик	Минеральный состав	Структуры и текстуры		
			Массивные		Пористые
Светлая белая, желто-серая	С кислотой выделяет пену	Кальцит	Крист. зернистые	Скрыто-зернистые	
			Мрамор	Известняк плотный	Ракушечник, мел
	То же в порошке	Доломит	Мрамор доломитовый	Доломит	
	С кислотой не реагирует		Гипс	Гипс и ангидрит	Трепел, опока
Темная	После реакции остается пятно	Кальцит, каолинит			Мергель
	Плавают в воде				Пемза
	Цвет темно-зеленый, прожилки асбеста	Серпентин		Серпентинит	
Прозрачная, бесцветная, яркая	Солёный вкус	Галит	Каменная соль		
	Горько-солёный вкус, часто яркая окраска, синяя и	Галит, сильвин	Сильвинит		

	оранжевая				
--	-----------	--	--	--	--

Таблица 31

Рыхлые горные породы – обломочные или размокающие в воде

Размер обломков, мм	Форма обломков	
	Неокатанные	Скатанные
Более 200	Глыбы	Валуны
20-200	Щебень	Галечник
2-20	Дресва	Гравий
0,2-2	Песок	-
0,2-0,02	Алеврит (пыль)	-
Менее 0,02	Глина (набухает в воде)	-

Примечания: 1. Пески, как и песчаники, по минеральному составу подразделяются на кварцевые, аркозовые, полимиктовые и граувакковые.

2. Скрытокристаллические породы: мел, трепел, опока, мергель (см. табл. 30), не набухают в воде.

Таблица 32

Песчано-глинистые породы, образованные смесью песчаной и глинистой фракций

Содержание песчаной фракции, %	Название породы
Менее 2	Глина
2-10	Глина песчанистая
10-50	Суглинок
50-90	Супесь
90-98	Песок глинистый
98-100	Песок

Таблица 33

Горючие горные породы (каустобиолиты)

Главнейшие признаки	Название
Рыхлые растительные остатки зеленовато-бурого цвета, загорается от спички	Торф
Содержит древесные остатки, цвет и черта бурые, загорается от спички	Уголь бурый
Цвет и черта черные, иногда блестит	Уголь каменный
Блестящий, легкий	Антрацит
Текстура сланцеватая, тяжелее угля, пачкает руки	Графитовый сланец
Песчанистые и глинистые породы, пропитанные асфальтом или битумом	Асфальты, горючие сланцы

Таблица 34

Отчет о лабораторной работе "Определение горных пород"
(пример)

Наименование признака или свойства	Результаты определений
Этап 1. До выбора таблицы	
Физическое состояние	Скальная
Твердость минералов	Менее 5
Текстура	Однородная
Этап 2. Дальнейшее определение по таблицам	
Окраска	Светлая, желтовато-серая
Структура	Кристаллически-зернистая
Текстура по количеству пор	Массивная
Реакция с кислотой	Бурная с выделением пены
Минеральный состав	Кальцит
Название горной породы – МРАМОР	

Дайте письменные ответы на нижеперечисленные вопросы (табл. 35). Номер варианта равен последней цифре шифра в Вашей зачетной книжке.

Таблица 35

Контрольное задание для заочников

Номер варианта	Номер вопроса
0	5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85
1	6, 16, 26, 36, 46, 56, 66, 76, 86
2	7, 17, 27, 37, 47, 57, 67, 77, 87
3	8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78, 88
4	9, 19, 29, 39, 49, 59, 69, 79, 89
5	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90
6	11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91
7	12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82, 92
8	13, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83, 93
9	14, 24, 34, 44, 54, 64, 74, 84, 94

Вопросы для самопроверки

1. Что изучает петрография?
2. Что такое горная порода?
3. Какими определяющими признаками характеризуются состав и строение горных пород?
4. Чем выражается химический состав горной породы и какие главные химические компоненты-окислы входят в состав горных пород?
5. Какие минералы называются породообразующими и акцессорными?
6. Какие главные породообразующие минералы Вы знаете? Вспомните их химические формулы и основные свойства.
7. Чем определяется структура горной породы и по каким признакам классифицируются структуры горных пород?
8. Какие структуры горных пород выделяются по крупности зерен и какие по форме зерен?
9. Чем определяется текстура горной породы и какие типы текстур Вам известны?
10. На какие главные группы подразделяются горные породы по происхождению?
11. Как образуются интрузивные горные породы?
12. Какие структуры и текстуры характерны для интрузивных пород?
13. Как образуются эффузивные горные породы и как пирокластические?
14. Какие структуры и текстуры характерны для эффузивных, а какие для пирокластических горных пород?
15. Как образуются жильные горные породы и чем они внешне отличаются от интрузивных и эффузивных пород?
16. Какие формы интрузивных тел Вам известны?
17. Чем отличается лакколит от штока, дайка от силла?
18. Перечислите интрузивные тела, согласные с вмещающими породами и секущие их.
19. Какие группы магматических пород выделяются по химическому составу?
20. Как изменяется минеральный состав магматических пород с увеличением их основности?
21. Как изменяется цвет магматических пород по мере увеличения их основности?
22. Какие эффузивные и жильные аналоги гранита Вам известны?

23. Какие породообразующие минералы входят в состав гранита и его эффузивных аналогов?
24. Какие эффузивные и жильные аналоги сиенита Вам известны?
25. Какие породообразующие минералы входят в состав сиенита и его эффузивных аналогов?
26. Перечислите эффузивные и жильные аналоги диорита (габбро). Какие породообразующие минералы входят в состав диорита (габбро)?
27. Какие породообразующие минералы входят в состав пироксенита (перидотита, дунита, нефелинового сиенита)?
28. Какие акцессорные минералы наиболее характерны для кислых и щелочных (основных, ультраосновных) магматических пород?
29. Где в народном хозяйстве применяются граниты и сиениты?
30. Где в промышленности используются дуниты?
31. На какие группы по условиям образования и материалу осадков подразделяются осадочные горные породы?
32. Какие признаки положены в основу классификации обломочных осадочных пород?
33. Как называется рыхлая (скальная) порода, в состав которой входят обломки остроугольной (окатанной) формы размером 2-4 см?
34. Как называется рыхлая (скальная) порода, состоящая из обломков размером 1-2 мм?
35. Как называется рыхлая (скальная) порода, образованная из материала крупностью 0,01-0,02 мм?
36. Чем отличается конгломерат от брекчии (галечник от щебня)?
37. Какие общие признаки характерны для песчаника и алевролита и чем они отличаются друг от друга?
38. Какие типы песков и песчаников выделяются по минеральному составу обломков?
39. Какие виды цемента по составу встречаются в обломочных осадочных породах?
40. Где и как в народном хозяйстве используются галечники, пески, глина?
41. По какому принципу и на какие группы подразделяются химические осадочные горные породы?
42. Какие продукты выделяются при коагуляции природных коллоидных растворов, какие минералы и горные породы при этом образуются?
43. В каком порядке происходит отложение солей при испарении рассолов и какие минералы и горные породы при этом образуются?
44. Какие органогенные осадочные породы Вы знаете?

45. Что такое каустобиолиты? Какие горные породы относятся к этой группе и где они используются?
46. Какие карбонатные осадочные породы Вы знаете, как они образуются и где используются?
47. Какие силикатные химические и органогенные осадочные породы Вам известны, как они образуются и где используются?
48. В каких условиях образуются каолиновые глины и где они используются?
49. По какому принципу классифицируются метаморфические горные породы и какие группы их при этом выделяются?
50. Какое общее название носят продукты контактового метаморфизма, образовавшиеся на месте силикатных пород без привноса вещества или с участием щелочного метасоматоза?
51. Какие разновидности выделяются среди роговиков по минеральному составу?
52. На месте каких пород и в результате каких процессов образуются роговики (мрамор)?
53. Какие структуры и текстуры наиболее характерны для роговиков?
54. Как называются структуры и текстуры, унаследованные метаморфическими породами от первичных горных пород?
55. Какие минералы входят в состав скарнов?
56. Какие минералы носят название апоскарновых?
57. Как и на месте каких пород образуются скарны?
58. Какие структуры и текстуры характерны для скарнов?
59. Какие полезные ископаемые обычно связаны со скарнами?
60. Какие метаморфические породы образуются при высокой температуре и перекристаллизации известняков и доломитов?
61. Какие метаморфические породы образуются при воздействии высокой температуры и давления на кварцевые песчаники?
62. Как называются метаморфические горные породы, состоящие из полевых шпатов, кварца, слюд и имеющие полосчатую структуру?
63. Как называются метаморфические горные породы, состоящие из роговой обманки и плагиоклаза и обычно имеющие полосчатую текстуру?
64. Как называются горные породы, имеющие полосчатую, сланцеватую или плитчатую текстуру и состоящие из кварца и серицита (слюд, талька и хлорита)?
65. Из каких минералов состоит филлит, какую окраску, структуру и текстуру он имеет?
66. Из каких минералов состоит грейзен, как он образуется?

67. Какие минералы входят в состав вторичных кварцитов, какие структуры и текстуры характерны для этих пород?
68. Какие минералы входят в состав гнейсов (амфиболитов), какие структуры и текстуры характерны для этих пород?
69. Какие полезные ископаемые связаны с вторичными кварцитами и кварцево-серицитовыми сланцами?
70. Из каких минералов состоит яшма, какие структуры и текстуры характерны для этой породы?
71. По каким признакам можно отличить мел от каолиновой глины (мел от мергеля), в чем их сходство?
72. Чем отличается конгломерат от брекчии, что у них общего?
73. Чем отличается галечник от щебня, что у них общего?
74. Какие минералы входят в состав серпентинита, какие структуры и текстуры для него присущи?
75. На месте каких пород и как образуется серпентинит?
76. Какие полезные ископаемые связаны с серпентинитами, где используется эта порода?
77. Как отличить тальковый сланец от хлоритового (от слюдяного, кварцево-серицитового)?
78. Как отличить гранитогнейс от близкого по составу с ним гранита?
79. Какие минералы входят в состав гранитного пегматита, какие структуры и текстуры характерны для этой породы?
80. Какие полезные ископаемые связаны с гранитными пегматитами?
81. Как образуются брекчии, какие виды брекчий выделяются в зависимости от условий образования?
82. Чем отличается гранит от сиенита, что у них общего?
83. Чем отличается диорит от габбро?
84. Какие особенности минерального состава горных пород характеризуются терминами: лейкократовый, мезократовый, меланократовый?
85. Какие полезные ископаемые связаны с грейзенами?
86. Чем отличается порфировая структура от афировой?
87. Для каких магматических пород характерны кристаллически зернистые, а для каких порфировые структуры и почему?
88. Какие текстуры возникают в горных породах под действием динамометаморфизма?
89. Какие структуры и текстуры присущи мраморам, где мраморы используются?
90. Чем характеризуется гнейсовидная текстура и в каких условиях она образуется?

91. Как отличить кислую эффузивную породу от основной?
92. Как проще всего отличить карбонатную кристаллическую горную породу от полевошпатовой?
93. Где используются кварцевый песок и кварцит?
94. Перечислите горные породы, представляющие огнеупорное сырье.
95. Назовите горные породы, используемые как металлургические флюсы.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

АЛЕВРИТ – рыхлая тонкообломочная осадочная порода (фракция 0,005-0,2 мм); состав: кварц, полевые шпаты, слюды, глинистые минералы.

АЛЕВРОЛИТ – скальная осадочная порода, по гранулометрическому и вещественному составу аналог алеврита.

АМФИБОЛИТ – метаморфическая порода, состоящая, в основном, из амфиболов и плагиоклаза; структура полнокристаллическая, текстура часто ориентированная, полосчатая, но не всегда.

АНДЕЗИТ – кайнотипная, средняя по составу эффузивная порода, аналог диорита; структура порфировая, текстура однородная, массивная или пористая.

АНТРАЦИТ – каменный уголь наиболее высокой степени углефикации, отличающийся ярким полуметаллическим блеском; содержание углерода 94-97%.

АПЛИТ – магматическая жильная мелкозернистая порода, лейкократовая, близкая по составу к граниту или сиениту.

АРГИЛЛИТ – скальная осадочная порода, образовавшаяся при уплотнении глин, аналогичная им по составу и структуре.

БАЗАЛЬТ – кайнотипная, основная по составу эффузивная порода, аналог габбро; структура афировая или порфировая, текстура массивная или пористая, цвет темный до черного.

БЕСКВАРЦЕВЫЙ ПОРФИР – см. ПОРФИР.

БРЕКЧИЯ – скальная горная порода, состоящая из остроугольных обломков размером 2-20 см и цемента; по происхождению выделяют осадочные, тектонические брекчии, туфобрекчии и эруптивные (интрузивные) брекчии.

БУРЫЙ УГОЛЬ – ископаемый уголь минимальной степени углефикации, плотный или землистый, отличается матовым блеском и бурой чертой, часто содержит растительные остатки; содержание углерода 65-76%.

ВАЛУНЫ – окатанные обломки горных пород размером более 10 см.

ГАББРО – основная интрузивная порода, состоящая, в основном, из авгита и плагиоклаза, иногда присутствует оливин (оливиновое габбро); акцессорные минералы: апатит, сфен, титаномагнетит, пирит, пирротин, халькопирит; структура кристаллически-зернистая, текстура однородная, массивная, реже грубополосчатая или такситовая.

ГАЛЕЧНИК – рыхлая осадочная порода, состоящая из галек – окатанных обломков размером 2-20 см.

ГЛИНА – рыхлая осадочная порода, состоящая из частиц размером менее 0,02-0,005 мм; в ее составе минералы: каолинит, монтмориллонит, палыгорскит, гидрослюда и др.

ГЛИНА ПЕСЧАНИСТАЯ – глина с содержанием песчаной фракции 0,2-2 мм до 10%.

ГЛИНИСТЫЙ СЛАНЕЦ – слабометаморфизованная порода, состоящая из минералов глин; структура афанитовая, текстура сланцеватая; порода плотная, имеет темную окраску.

ГЛЫБЫ – остроугольные обломки пород размером более 10 см.

ГНЕЙС – метаморфическая горная порода, близкая по составу граниту или сиениту; структура кристаллически-зернистая, текстура полосчатая. Гнейсы образуются при метаморфизме магматических (ортогнейсы) или осадочных (парагнейсы) пород.

ГОРНБЛЕНДИТ – ультраосновная интрузивная порода, состоящая преимущественно из роговой обманки.

ГОРЮЧИЙ СЛАНЕЦ – осадочная горная порода, глинистая, известковистая или кремнистая, тонкослоистой текстуры, содержащая органическое вещество (кероген) в количестве от 10 до 80%; окраска желтовато-бурых тонов, загорается от спички.

ГРАВЕЛИТ – скальная осадочная порода, состоящая из обломков округлой формы размером от 2 мм до 2 см и цемента.

ГРАВИЙ – рыхлая осадочная порода, по составу и структуре аналог гравелита.

ГРАНИТ – кислая интрузивная порода, состоящая, в основном, из полевых шпатов (ортоклаз, микроклин, альбит) до 70%, кварца до 35% и слюд, реже присутствуют роговая обманка и авгит (темноцветных минералов до 15%); акцессорные минералы: апатит, сфен, магнетит, ильменит, пирит, халькопирит и др.; структура кристаллически-зернистая, иногда порфиоровидная; текстура чаще однородная, массивная, реже полосчатая, такситовая.

ГРАНИТ-ПОРФИР – жильный аналог гранита.

ГРАНОДИОРИТ – кислая интрузивная порода, по составу промежуточная между гранитом и диоритом.

ГРЕЙЗЕН – метаморфическая порода, продукт пневматоли-тово-гидротермального изменения полевошпатовых пород; в его составе кварц, мусковит, лепидолит, турмалин, топаз, флюорит и рудные минералы: берилл, рутил, касситерит, молибденит, вольфрамит и др.

ДИАБАЗ – основная палеотипная эффузивная или жильная порода, аналог габбро; структура кристаллически-зернистая, по форме зерен "офитовая" (диабазовая), характеризующаяся удлиненными идиоморфными зернами плагиоклаза и ксеноморфным авгитом.

ДИОРИТ – средняя интрузивная порода, состоящая, в основном, из плагиоклаза, пироксена и роговой обманки, при наличии кварца порода называется кварцевым диоритом; структура кристаллически-зернистая, текстура обычно однородная массивная.

ДИОРИТ-ПОРФИРИТ – жильный аналог диорита.

ДОЛОМИТ – осадочная порода, состоящая преимущественно из одноименного минерала; цвет обычно серый, желтоватый, структура кристаллически-зернистая, текстура массивная. Встречаются доломиты метасоматического происхождения, образовавшиеся на месте известняков.

ДРЕСВА – рыхлая осадочная порода, состоящая из остроугольных обломков размером от 2 мм до 2 см; обычно дресвой называют продукты физического выветривания скальных пород.

ДУНИТ – ультраосновная интрузивная порода, образованная, главным образом, оливином, часто присутствует хромит, а из редких примесей – платиноиды; структура полнокристаллическая, чаще мелкозернистая, текстура массивная; используется для производства огнеупоров.

ИЗВЕСТНЯК – осадочная горная порода, состоящая преимущественно из кальцита; строение аморфное или тонкокристаллическое, текстура массивная, реже слоистая или брекчиевидная; нередко органогенные текстуры, представленные останками кораллов, брахиопод, моллюсков и т.п.

КАМЕННАЯ СОЛЬ – осадочная порода, состоящая, в основном, из галита, образуется при выпадении из истинных растворов (рассолов); структура кристаллически-зернистая, текстура массивная.

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ – ископаемый уголь, отличающийся черным цветом и черной чертой; содержание углерода 75-97%.

КВАРЦЕВЫЙ ПОРФИР – см. порфир.

КВАРЦИТ – метаморфическая горная порода, состоящая преимущественно из кварца часто с примесью серицита; структура кристаллически-зернистая, текстура массивная однородная или полосчатая; часто сопутствует сульфидным рудам цветных металлов; применяется для производства динасового кирпича и как флюс в металлургии.

КОНГЛОМЕРАТ – скальная осадочная горная порода, состоящая из окатанных обломков размером более 2 см и цемента.

КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СЛАНЦЫ – метаморфические породы кристаллически-зернистой структуры и сланцеватой или плитчатой текстуры, состоящие из кварца, серицита, слюд, хлорита, талька и карбонатов. В соответствии с этим выделяются сланцы кварцево-серицитовые, хлоритовые, тальковые и др.

ЛАМПРОФИРЫ – группа жильных пород ультраосновного состава.

ЛЕСС – слабосцементированная осадочная порода, состоящая из частиц размером 0,01-0,2 мм (пылевая фракция), пористость 40-55%, близок к алевроиту.

ЛИПАРИТ – кайнотипная кислая эффузивная порода, аналог гранита; отличается светлой окраской. Синоним – риолит.

ЛИПАРИТОВЫЙ ПОРФИР – см. порфир.

МЕЛ – осадочная порода, слабосцементированная, образованная кальцитом, состоящая из останков микрофауны; пористость 40-50%.

МЕРГЕЛЬ – осадочная порода смешанного глинисто-карбонатного состава, содержит глинистые минералы, кальцит, доломит, реже гипс и ангидрит; применяется при производстве цемента.

МЕТАСОМАТИТЫ – обобщенное название метаморфических пород – продуктов метасоматоза.

МИКРОГРАНИТ – гранит тонкозернистой структуры.

МРАМОР – метаморфическая горная порода, состоящая из кальцита и доломита; структура кристаллически-зернистая, текстура массивная; часто примеси обуславливают наличие красивого цветного рисунка; поделочный камень.

НЕФЕЛИНОВЫЙ СИЕНИТ – щелочная интрузивная порода, состоящая из полевых шпатов, нефелина, слюд, эгирина с примесью апатита, сфена, пироклора, циркона и др.

ОБСИДИАН – вулканическое стекло преимущественно темного цвета, имеет раковистый излом.

ПЕМЗА – легкая (не тонет в воде), пористая вулканическая порода преимущественно кислого состава; образуется при засты-

вании лавы, насыщенной газом, и при слипании частиц вулканического пепла.

ПЕРИДОТИТ – ультраосновная интрузивная порода, образованная пироксеном и оливином, акцессорные: шпинель, хромит и др.

ПЕСОК – рыхлая осадочная порода, состоящая из обломков размером 0,2-2 мм; по составу выделяются кварцевые, аркозовые (кварц, полевошпат и слюды), полимиктовые (различные минералы).

ПЕСОК ГЛИНИСТЫЙ – песок с содержанием глины до 10%.

ПЕСЧАНИК – скальная осадочная порода, по составу аналог песка.

ПИРОКСЕНИТ – ультраосновная интрузивная порода, состоящая, в основном, из авгита, иногда присутствуют роговая обманка, плагиоклаз или оливин, акцессорные минералы: шпинель, гранат, магнетит, хромит и сульфиды; структура кристаллически-зернистая, текстура массивная.

ПОРФИР – кислая или щелочная палеотипная эффузивная порода, аналог гранита (кварцевый порфир) или сиенита (бескварцевый порфир), ортофир – порфир, содержащий ортоклаз, альбитофир, – соответственно, альбит; структура порфировая или афировая, текстура массивная или пористая, окраска светлая.

ПОРФИРИТ – средняя или основная палеотипная эффузивная порода, аналог диорита (андезитовый порфирит) или габбро (базальтовый порфирит); структура порфировая или афировая, текстура массивная, пористая или миндалекаменная.

РОГОВИК – метаморфическая порода, состоящая из полевых шпатов, пироксенов, реже кварца и слюд, андалузита и др., образуется при контактово-термальном метаморфизме и щелочном метасоматозе силикатных пород различного состава и происхождения. Роговиковая структура обычно тонкозернистая, гранобластовая; текстуры различные, но чаще неоднородные: пятнистые, полосчатые, брекчиевидные, реликтовые; характерен раковистый излом.

СЕРПЕНТИНИТ – метаморфическая порода, состоящая из серпентина, обычно с примесью хлорита, талька, магнетита и прожилками хризотил-асбеста; образуется за счет ультраосновных пород, имеет зеленый до черного цвет, скрытокристаллическую структуру и массивную текстуру.

СИЕНИТ – щелочная интрузивная порода, состоящая, в основном, из полевых шпатов (ортоклаз, микроклин, альбит), слюд или роговой обманки, реже пироксена; акцессорные минералы:

апатит, сфен, магнетит и др.; структура кристаллически-зернистая, текстура массивная, окраска светлая.

СИЛЬВИНИТ – осадочная порода, состоящая из сильвина и галита; образуется при выпадении минералов из рассолов; структура кристаллически-зернистая, текстура массивная, слоистая, окраска яркая фиолетовая и оранжево-красная.

СКАРНЫ – метаморфические горные породы. Известковые скарны состоят из граната и пироксена с примесью апоскарновых минералов: эпидота, хлорита и остаточного кальцита. Магнезиальные скарны кроме пироксена и граната могут содержать форстерит, хондродит, серпентин, карбонаты железа и магния, тальк. Структуры скарнов кристаллически-зернистые, текстуры разнообразные. Образуются скарны в контактовом ореоле интрузий при метасоматозе карбонатных и силикатных пород. Рудные минералы в скарнах: магнетит, гематит, шеелит, касситерит, сульфиды.

СУГЛИНОК – рыхлая глинистая порода, содержащая от 10 до 50% песчаной фракции.

СУПЕСЬ – рыхлая песчано-глинистая порода с преобладанием песчаного материала.

ТОРФ – осадочная органогенная порода, состоящая из несвязанных между собой растительных остатков.

ТРАХИТ – щелочная кайнотипная эффузивная порода, аналог сиенита.

ТРАХИТОВЫЙ ПОРФИР – бескварцевый порфир, палеотипный эффузивный аналог сиенита.

ТУФ – обобщенное название пирокластических пород, аналогов эффузивов, например: туф липарита, туф диабаз.

ТУФОБРЕКЧИЯ – пирокластическая порода, состоящая из обломков горных пород – продуктов вулканических извержений (лапилли и бомб) размером более 2 мм и цемента (вулканический песок и пепел).

ТУФОЛАВА – эффузивно-пирокластическая порода, состоящая из застывших жидких продуктов (лава) и значительного количества твердых продуктов извержения (бомб, лапилли, песка и пепла).

ТУФОПЕСЧАНИК – вулканогенно-осадочная скальная порода, состоящая из осадочного обломочного материала и значительной примеси вулканогенных продуктов крупностью 0,2-2 мм.

ТУФФИТ – вулканогенно-осадочная скальная порода, образованная осадочным и туфогенным материалом размером менее 0,2 мм.

ФИЛЛИТ – метаморфическая порода, состоящая из кварца, серицита, хлорита и глинистых минералов; образуется при метаморфизме глинистых пород; цвет темный, серовато-бурых оттенков; текстура сланцеватая, структура тонкозернистая; характерен шелковистый блеск.

ЩЕБЕНЬ – рыхлая осадочная порода, состоящая из остроугольных обломков размером от 2 до 20 см, образуется при разрушении и осыпях скальных обнажений.

ЯШМА – метаморфическая порода, состоящая из кварца и халцедона; структура скрытокристаллическая, текстура массивная; окислами железа и марганца окрашена в различные цвета; подолочный камень.

Содержание

Введение.....	3
Краткие сведения из теории кристаллографии.....	3
Последовательность работы при исследовании моделей кристаллов.....	35
Минералогия	38
Определение минералов с помощью таблиц.....	44
Краткая характеристика наиболее распространенных минералов.....	54
Петрография	63
Определение горных пород с помощью таблиц.....	69
Краткая характеристика наиболее распространенных горных пород	86

Учебное издание

Сергей Владимирович ПОПОВ

**ПРАКТИКУМ ПО КРИСТАЛЛОГРАФИИ,
МИНЕРАЛОГИИ И ПЕТРОГРАФИИ**

Учебное пособие

Издание 3-е

Редактор Т.А. Колесникова

Оператор компьютерной правки Е.А. Назарова

Подписано в печать 15.08.2012. Рег. № 2-12. Формат 60х84/16. Бумага тип. № 1.
Плоская печать. Усл.печ.л. 6,00. Тираж 50 экз. Заказ 512.



Издательский центр ФГБОУ ВПО «МГТУ»
455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38
Полиграфический участок ФГБОУ ВПО «МГТУ»