МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО

КРИСТАЛЛОГРАФИИ И МИНЕРАЛОГИИ

Ижевск
2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет»
Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева
Кафедра геологии нефти и газа

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО КРИСТАЛЛОГРАФИИ И МИНЕРАЛОГИИ

Методическое пособие

ИЖЕВСК
2016

УДК 549 (075.8)
ББК 26.303я73-5
М545

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ

Рецензенты: доктор геолого-минералогических наук, профессор В. А. Савельев
кандидат географических наук, доцент И.В. Глейзер

Составитель А. В. Сергеев

М545 Методическое пособие к лабораторным занятиям по кристаллографии и минералогии/ Методическое пособие. Сост. А. В. Сергеев. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2016 – 80 с.

Методическое пособие предназначено для студентов направления подготовки «Прикладная геология» по профилю «Геология нефти и газа», изучающих дисциплину «Кристаллография и минералогия».

В разделе «Основы кристаллографии» рассматривается строение кристаллической решетки минералов, элементы симметрии кристаллов, сингонии, формы кристаллов.

В разделе «Основы минералогии» приводятся краткие сведения о минералах в соответствии с их классификацией.

Помимо лабораторных занятий по «Кристаллографии и минералогии» данное пособие может использоваться при изучении таких дисциплин как «Общая геология», «Петрография», «Литология», а также учителями географии.

УДК 549 (075.8)
ББК 26.303я73-5

© Сост.: А. В. Сергеев, 2016
© ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 5
1. Основы кристаллографии
1.1. Строение и свойства кристаллических веществ…… 6
1.2. Формы кристаллов…… 10
2. Основы минералогии
2.1. Морфология минералов…… 13
2.2. Диагностические свойства минералов…… 30
2.3. Классификация минералов…….. 41
2.4. Краткая характеристика минералов…… 44
3. Техника безопасности……. 67
Список рекомендуемой литературы..... 68
Интернет-ресурсы……... 69
Приложение. Краткий определитель минералов..... 70

ВВЕДЕНИЕ

Цель данного издания состоит в методическом обеспечении лабораторных работ по дисциплине «Кристаллография и минералогия», которая проводится у студентов, обучающихся по направлению подготовки «Прикладная геология» по профилю подготовки «Геология нефти и газа».

Задачи настоящего методического пособия: 1 - дать краткое описание форм кристаллов; 2 - познакомиться с классификацией минералов, их свойствами и агрегатами; 3 - выработать навыки обращения с каменным материалом и средствами их исследований.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны:

знать:

- сущность процесса формирования кристаллов и минералов;
- строение и состав кристаллов и минералов;
- природные ассоциации кристаллов и минералов;

уметь:

- диагностировать габитус кристаллов и минеральные виды;
- опознавать сингонии кристаллов и минеральные ассоциации, восстанавливать механизм и условия их формирования;

владеть:

- навыками моделирования, работы с определителями и справочниками.

Приобретение навыков изучения минералов будет способствовать успешному освоению дисциплины «Кристаллография и минералогия», позволит перейти к изучению ряда геологических дисциплин («Петрография», «Литология», «Основы учения о полезных ископаемых»), прохождению геологической учебной и производственной практик, а также поможет в профессиональной деятельности (например, при эксплуатации нефтяных скважин с образованием отложений неорганических солей).

Кроме того, данное пособие может использоваться при прохождении полевой физико-географической практики, а также учителями географии, естествознания, краеведения при изучении природы родного края.

1. ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ

1.1. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Кристаллом называют твердое тело, в котором слагающие его элементы расположены закономерно по геометрическим законам пространственных групп и соответствующих решеток. Кристаллы образуются в условиях свободного роста (открытые пустоты).

Кристаллическая решетка представляет собой плотно пригнанные друг к другу многогранники (рис. 1). В их вершинах, центрах или серединах граней на строго определенном расстоянии располагаются элементы (атомы, ионы) – *узлы кристаллической (пространственной) решетки*. Совокупность узлов, лежащих вдоль прямой и периодически повторяющихся через равные промежутки, формирует *ряд кристаллической решетки*. Совокупность рядов, расположенных в одной плоскости, образует плоскую *сетку кристаллической решетки*. В 1880 г. выдающийся русский кристаллограф Е.С. Федоров доказал возможность существования 230-ти различных типов пространственных решеток.

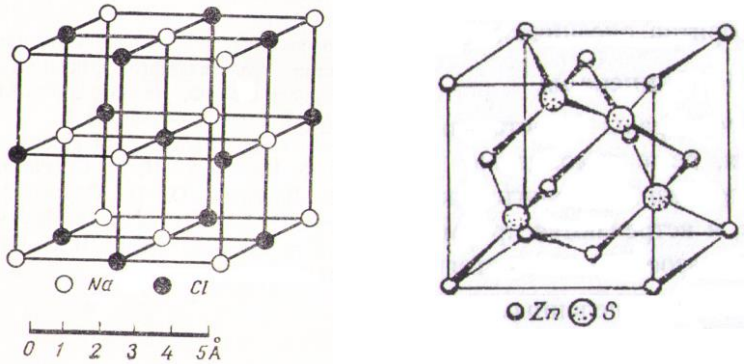


Рис. 1. Кристаллическая решетка галита NaCl (слева) и сфалерита ZnS (справа).

К основным свойствам кристаллических веществ относят однородность, анизотропию, самоограничение и симметрию.

Однородность – равноправие всех частей кристалла, т.е. любая его часть обладает теми же свойствами, что и весь кристалл.

Анизотропия (анизотропность) – зависимость свойств от направления. Она обусловлена разным расстоянием между узлами решетки в различных направлениях и выражается изменением физических свойств с изменением направления.

Самоограничение – формирование естественных граней в процессе роста кристалла. Грани (поверхности) параллельны плоским сеткам кристаллической решетки. Ребра (линии пересечения граней) параллельны рядам решетки. Вершины (точки пересечения ребер) совпадают с узлами кристаллической решетки. Грани, ребра и вершины – элементы огранения кристалла. У одного и того же минерала углы между соответствующими гранями постоянны (закон постоянства гранных углов), что позволяет его определять даже в мелких обломках. Величины углов измеряют прибором *гониометром*.

Симметрия – закономерное расположение элементов огранения кристалла. Она устанавливается с помощью элементов симметрии, к которым относятся: центр, оси, плоскости.

Центр симметрии (С) – воображаемая точка, являющаяся геометрическим центром кристалла. Она находится внутри кристалла. Через нее проходят и делятся пополам все линии, соединяющие любые соответствующие точки на поверхности кристалла (рис. 2а). Центр симметрии бывает в единственном числе и только в кристаллах, у которых каждая грань имеет себе равную и параллельную.

Ось симметрии (L) – воображаемая линия, при повороте вокруг которой на 360º все элементы огранения занимают место своих аналогов, повторяются «*n*»-ое число раз. Кристалл как бы совмещается сам с собой. Число *n* называется порядком оси. В зависимости от угла такого элементарного поворота (α) и числа совмещений *n* выделяют оси разных порядков:

L_2 – ось второго порядка (α=180º, *n*=2),

L_3 – ось третьего порядка (α=120º, *n*=3),

L_4 – ось четвертого порядка (α=90º, *n*=4),

L_6 – ось шестого порядка (α=60º, *n*=6).

Оси L_3, L_4, и L_6 считаются осями высшего порядка. В одном кристалле могут быть оси симметрии различных порядков (рис. 2б). Количество осей каждого порядка записывается перед соответствующим знаком оси.

Плоскость симметрии (Р) – плоскость, рассекающая кристалл на две зеркально равные части (рис. 2в). В кристалле может быть

несколько плоскостей. При записи их количество ставится перед знаком Р. В кубе – 9Р (рис. 2в, 3).

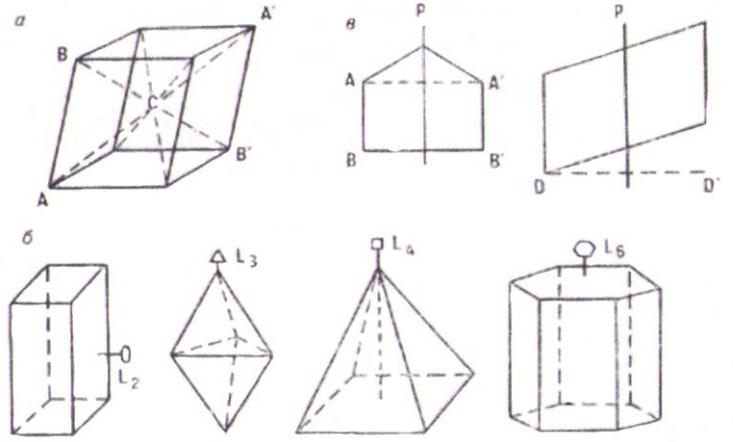


Рис. 2. Элементы симметрии: *а* – центр симметрии С; *б* – фигура с плоскостью симметрии Р (слева) и без нее (справа); *в* – многогранники с осями симметрии второго L_2, третьего L_3, четвертого L_4 и шестого L_6 порядков.

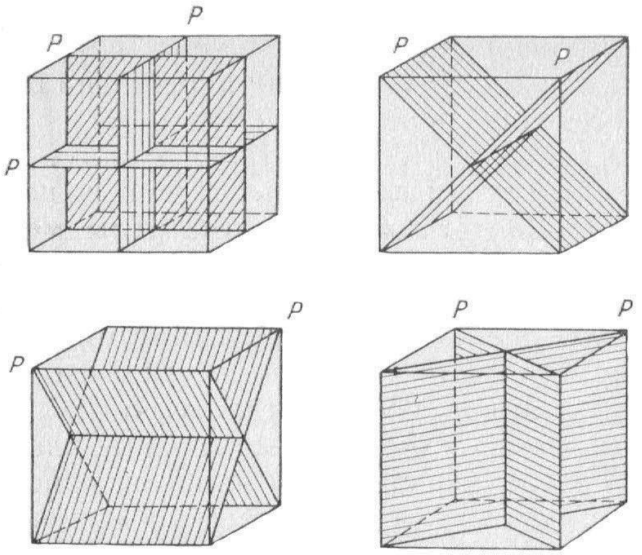


Рис. 3. Плоскости симметрии в кубе (заштрихованы).

Полный набор элементов симметрии называется формулой или *видом симметрии*. При записи формул сначала указывается количество осей высших порядков по убывающей, затем оси второго порядка, плоскости и центр. Перед элементом симметрии ставится число, обозначающее количество этого элемента (единица не ставится). Например, для куба вид симметрии – $3L_4 4L_3 6L_2 9PC$.

В кристаллах возможны 32 вида симметрии. Они группируются в 7 кристаллографических систем, называемых *сингониями* (от греческого «син» – одинаковый, «гония» – угол). В сингонии объединяются кристаллы с одинаковой симметрией элементарных ячеек их структур и одинаковой системой осей координат. Сингония, это сходноугольность.

По количеству и порядку осей симметрии сингонии делятся на 3 категории: низшую, среднюю и высшую (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика сингоний

Категория	Сингония	Вид симметрии	Признаки категории
Низшая	триклинная	нет, или только C	нет осей выше второго порядка
	моноклинная	L_2; P; L_2PC	
	ромбическая	$3L_2$; $L_2 2P$; $3L_2 3PC$	
Средняя	тригональная	L_3; L_3C; $L_3 3L$; $L_3 3P$; $L_3 3L_2 3PC$	одна ось высшего порядка
	тетрагональная	L_4; L_4PC; $L_4 4L_2$; $L_4 4P$; $L_4 4L_2 5PC$	
	гексагональная	L_6; L_6PC; $L_6 6L_2$; $L_6 6P$; $L_6 6L_2 7PC$	
Высшая	кубическая	$4L_3 3L_2$; $4L_3 3L_2 3PC$; $4L_3 3L_2 6PC$; $3L_4 4L_3 6L_2$; $3L_4 4L_3 6L_2 9PC$	много осей высшего порядка

1.2. ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ

Кристаллы одной сингонии в зависимости от химического состава и условий роста могут выглядеть по-разному. *Простые формы* огранены одинаковыми по форме и размеру гранями, *комбинационные (сложные) формы* – несколькими разновидностями граней (рис. 4, 5). Всего насчитывается 47 простых форм.

В названиях форм используются корни греческих слов: «эдра» - грань; «гониа», «клинос» - угол, наклон; «моно» - один; «ди» - два; «тетра» - четыре; «пента» - пять; «дека» - десять; «додека» - двенадцать; «скаленоз» - кривой, неровный; «пинокос» - доска, таблица; «син» - сходный; «изо» - одинаковый; «поли» - много; «морфос» - форма.

Главными простыми формами являются:

моноэдр – одна грань, пересекающая ось симметрии под прямым углом;

пинакоид – две одинаковые параллельные грани;

диэдр – две равные грани, имеющие общее ребро;

призма – несколько граней, которые пересекаются в ребрах;

пирамида – несколько равнобедренных треугольников, пересекающихся в параллельных ребрах;

дипирамида (бипирамида) – две пирамиды, соединенные основаниями;

тетраэдр – четыре равных, пересекающихся в ребрах, треугольника;

ромбоэдр – совокупность шести равных ромбов;

куб – совокупность шести равных квадратов;

октаэдр – совокупность восьми одинаковых равносторонних треугольников;

ромбододекаэдр – совокупность двенадцати одинаковых ромбов;

пентагон-додекаэдр – совокупность одинаковых пятиугольников.

Название комбинационных форм состоит из перечисления скомбинированных простых форм.

Простые формы кристаллов низшей и средней категорий сингоний бывают открытыми и закрытыми.

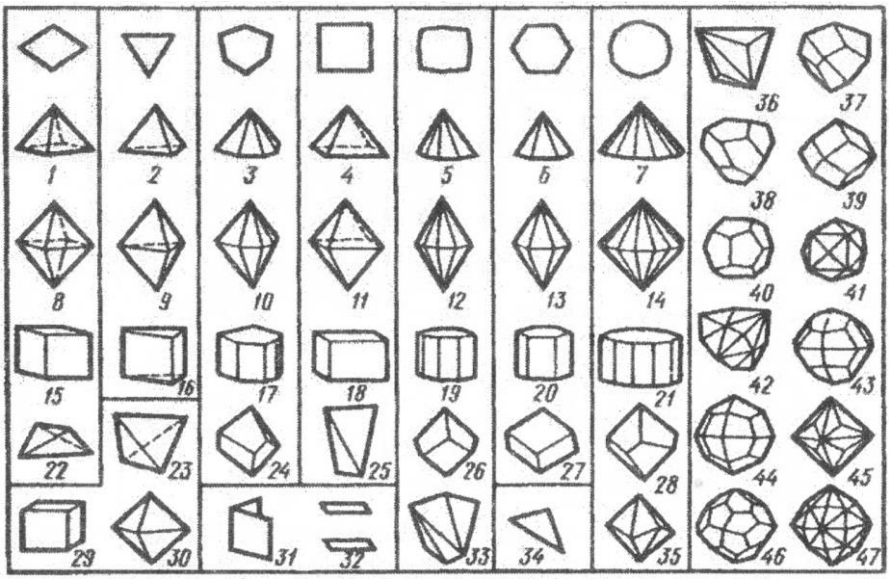


Рис. 4. Простые формы кристаллов:
1 – ромбическая пирамида; 2 – тригональная пирамида; 3 – дитригональная пирамида; 4 – тетрагональная пирамида; 5 – дитетрагональная пирамида; 6 – гексагональная пирамида; 7 – дигексагональная пирамида; 8 – ромбическая дипирамида; 9 – тригональная дипирамида; 10 – дитригональная дипирамида; 11 – тетрагональная дипирамида; 12 – дитетрагональная дипирамида; 13 – гексагональная дипирамида; 14 – дигексагональная дипирамида; 15 – ромбическая призма; 16 – тригональная призма; 17 – дитригональная призма; 18 – тетрагональная призма; 19 – дитетрагональная призма; 20 – гексагональная призма; 21 – дигексагональная призма; 22 – ромбический тетраэдр; 23 – тетраэдр; 24 – тригональный трапецоэдр; 25 – тетрагональный тетраэдр; 26 – тетрагональный трапецоэдр; 27 – ромбоэдр; 28 – гексагональный трапецоэдр; 29 – куб; 30 – октаэдр; 31 – диэдр; 32 – пинакоид; 33 – тетрагональный скаленоэдр; 34 – моноэдр; 35 – дитригональный скаленоэдр; 36 – тригон-тритетраэдр; 37 – тетрагон-тритетраэдр; 38 – пентагон-тритетраэдр; 39 – ромбододекаэдр; 40 – пентагон-додекаэдр; 41 – тетрагексаэдр; 42 – гексатетраэдр; 43 – дидодекаэдр; 44 – тетрагон-триоктаэдр; 45 – тригон-триоктаэдр; 46 – пентагон-триоктаэдр; 47 – гексоктаэдр.

К открытым относятся кристаллы, не замыкающие пространство – моноэдр, пинакоид, диэдр, призма и пирамида. Для того, чтобы замкнуть пространство необходимо присутствие другой простой формы. Остальные названные формы, а также все простые и комбинационные формы кубической сингонии, являются закрытыми.

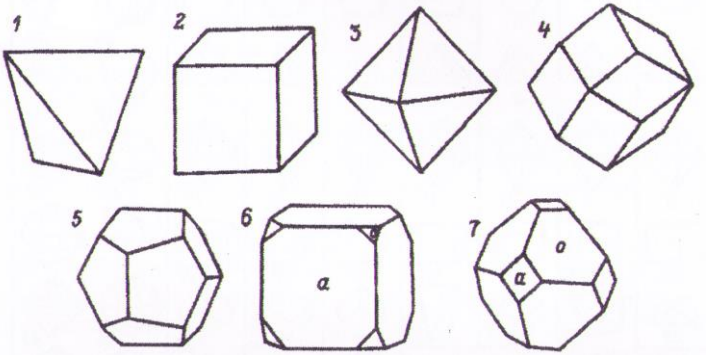


Рис. 5. Простые и комбинационные формы кристаллов кубической сингонии: 1 – тетраэдр; 2 – куб; 3 – октаэдр; 4 – ромбододекаэдр; 5 – пентагон-додекаэдр; 6 – комбинация куба (а) и октаэдра (о); 7 – комбинация октаэдра (о) и куба (а).

В процессе добычи и сбора обводненных углеводородов возникают водные соединения четкой кристаллической структуры – гидраты, которые осложняют эксплуатацию месторождения. Своевременная диагностика структур позволит принять эффективные меры по борьбе и предупреждению образования кристаллогидратов.

Задание №1

С помощью магнитного конструктора построить координационные многогранники кристаллической решетки.

Показать на построенных моделях элементы симметрии.

Задание №2

По моделям, соответствующим различным формам кристаллической решетки, определить сингонию и ее категорию;

записать кристаллографическую формулу (вид симметрии);

дать название форме многогранника;

назвать и показать простые формы граней моделей.

2. ОСНОВЫ МИНЕРАЛОГИИ

2.1. МОРФОЛОГИЯ МИНЕРАЛОВ

Морфология минерала – способ заполнения пространства минеральным веществом, т.е. форма минерального индивида. Минералы встречаются в природе в различных формах. Их разнообразие обусловлено различным внутренним строением кристаллов и различными физико-химическими условиями их роста.

Формы нахождения минералов можно разделить на две группы: 1 – монокристаллы и 2 – минеральные агрегаты, срастания кристаллов, которые разделяются на закономерные и незакономерные.

Монокристаллы встречаются не часто, т.к. для их роста нужно свободное пространство, постоянные температура, давление и концентрация вещества минерала. В связи с этим монокристаллы одного и того же минерала, выросшие в различных условиях, могут отличаться по облику – морфологии (форме) и размеру.

Для характеристики формы кристалла применяется термин *габитус* – внешний облик, обусловленный преобладанием граней тех или иных простых форм, ограничивающих кристалл. Например, габитус может быть кубический, октаэдрический (восьмигранный), тетраэдрический (четырехгранный), призматический, дипирамидальный.

По соотношению высоты, ширины и длины (a, b, c) различают следующие облики (морфологические типы кристаллов):

а) изометричные (рис. 6, 7) – равные во все стороны, $a \approx b \approx c$; облик бывает идиоморфный (изоморфный), гипидиоморфный, ксеноморфный, аллотиоморфный (пирит, галит, гранат, алмаз);

б) удлиненные (рис. 8) – длина значительно превышает ширину и толщину, $a > b \approx c$; при $c:a < 10:1$ – столбчатый облик (эгирин); при $c:a < 50:1$ – шестоватый облик (обыкновенная роговая обманка); при $c:a < 100:1$ – игольчатый облик (актинолит); при $c:a > 100:1$ – волокнистый облик (асбест);

в) уплощенные (рис. 9) – толщина меньше ширины и длины, $a < b \approx c$; при $a:c < 10$ – таблитчатый облик (хлорит); при $a:c < 100$ – пластинчатый облик (гипс); при $a:c < 1000$ — листоватый, чешуйчатый облик (слюда).

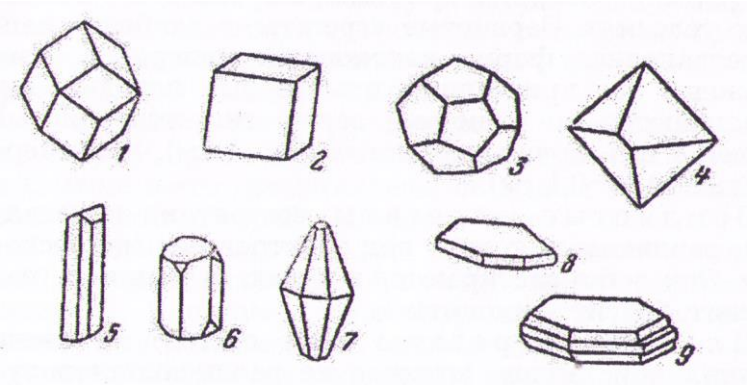


Рис. 6. Морфологические типы кристаллов: 1-4 – изометричные; 5-7 – удлиненные (вытянутые в одном направлении); 8-9 – уплощенные (вытянутые в двух направлениях).

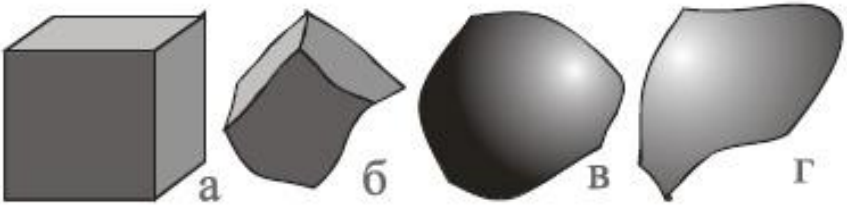


Рис. 7. Изометричный облик кристаллов: а – идиоморфный (изоморфный); б – гипидиоморфный; в – ксеноморфный; г – аллотиоморфный.

Идиоморфный облик характерен для идеальных по форме и симметрии кристаллов. Он встречается очень редко, когда соседние кристаллы не имеют никакого контакта.

Гипидиоморфный облик («гип» – почти) – кристалл имеет собственную огранку, но на границе соприкосновения – вынужденную (индукционную) поверхность. Гипидиоморфные кристаллы чаще всего встречаются в друзах и порфирах.

Ксеноморфный и *аллотриоморфный* облик («ксено» - вынужденный, «алло» - чужой) присущ кристаллам, выросшим в стесненных условиях. Они со всех сторон ограничены индукционными поверхностями соприкосновения.

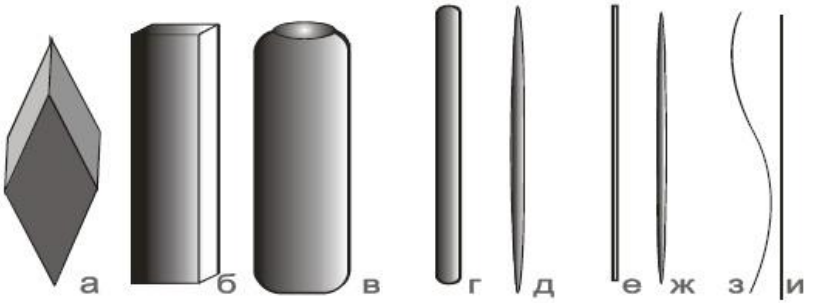


Рис. 8. Удлиненный облик кристаллов: столбчатый а – ромбоэдрический, б – тетрагонально-призматический, в – цилиндрический; г – шестоватый, д – шестовато-игольчатый; е – игольчатый; ж – остро-игольчатый; з – волосовидный; и – волокнистый.

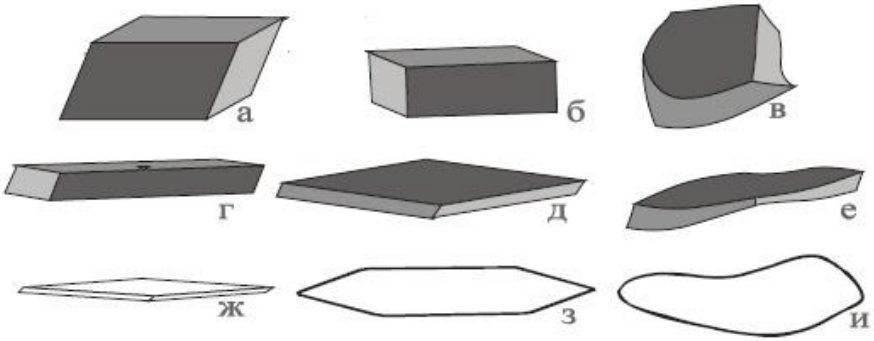


Рис. 9. Уплощенный облик кристаллов: а – триклинный толсто-таблитчатый, б – ромбический таблитчатый, в – ксеноморфнозернистый таблитчатый, г – пинакоидальный пластинчатый, д – ромбоэдрический пластинчатый, е – зернистый пластинчатый, ж – тетрагональный листоватый, з – гексагональный листоватый, и – ксеноморфный листоватый.

По *относительному размеру* кристаллы разделяются на равномерно кристаллические (равномерно-зернистые) и неравномерно кристаллические (неравномерно-зернистые). По *абсолютному размеру* минеральные индивиды (d) классифицируются по модулю крупности:

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

Используя модуль крупности равный 10, минеральные индивиды можно разделить на следующие классы крупности (табл. 2).

Таблица 2

Гранулометрическая классификация минералов

Гранулометрический класс	Диаметры индивида от ... до … мм	Метод определения
Гигантские кристаллы	>100	визуально, невооружённым глазом
Грубокристаллические	10...90	
Крупнокристаллические	1...9	
Среднекристаллические	0,1...0,9	лупа
Мелкокристаллические	0,01...0,09	оптический микроскоп
Тонкокристаллические	0,001...0,009	
Микрокристаллические	0,0001...0,0009	электронный микроскоп
Криптокристаллические	0,00001... 0,00009	
Аморфные (стекла)	< 0,000001	

Задание №3

По индивидуальным образцам описать минеральный индивид (отдельный монокристалл или минеральное зерно с четко выраженной поверхностью раздела в минеральном агрегате):

название минерала;

структура кристаллов –

морфологический тип,

габитус,

гранулометрический класс,

наличие включений.

Студенту необходимо визуально или с помощью лупы определить контуры и размеры, форму и облик, размеры самых больших, самых малых и наиболее распространенных минеральных индивидов. Если размеры попадают в разные гранулометрические классы, структура описывается комбинированными терминами, например, средне- крупнокристаллическая.

Минеральный агрегат – это совокупность сросшихся минеральных индивидов, образующих горную породу. Внешне

минеральный агрегат может иметь любую форму: обработанного образца, куска горной породы, в виде скального выхода на дневную поверхность. Все агрегаты состоят из сросшихся минеральных индивидов (кристаллов, зерен) определенной формы и размеров.

Закономерные сростки в зависимости от количества сросшихся кристаллов называют двойниками, тройниками и полисинтетическими двойниками (рис. 10). Срастания могут быть параллельными (рис. 11) и радиально-лучистыми (рис. 12).

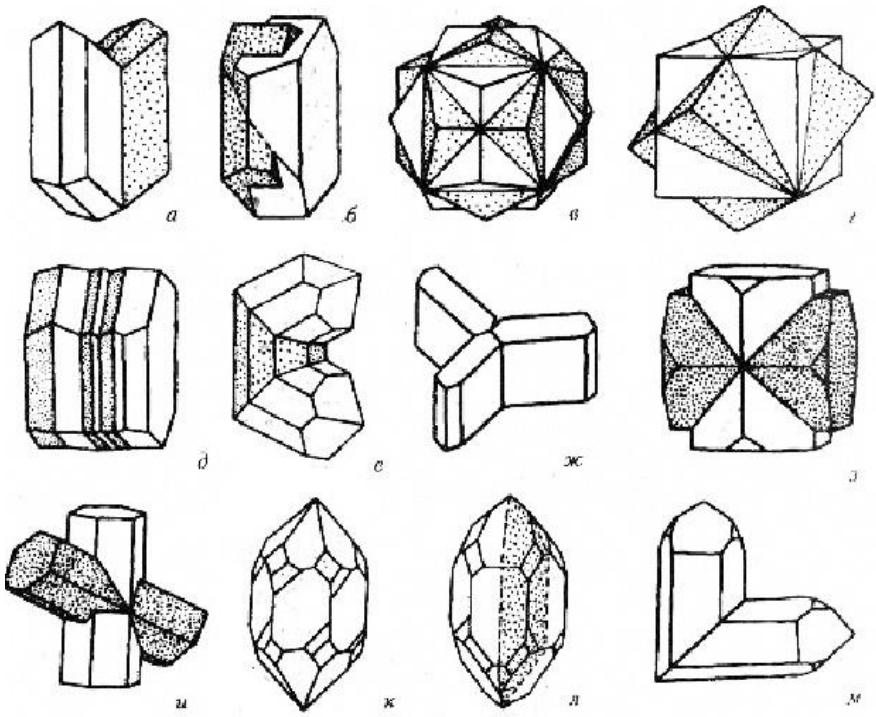


Рис. 10. Срастания и прорастания: *а* – двойник гипса «ласточкин хвост»; *б* – карлсбадский двойник полевого шпата; *в* – двойник пирита «железный крест»; *г* – двойник прорастания флюорита; *д* – двойник плагиоклаза; *е* – коленчатый тройник рутила; *ж* – арагонитовый тройник; *з, и* – двойники прорастания ставролита; *к* – дофинейский двойник кварца; *л* – бразильский двойник кварца; *м* – японский двойник кварца.

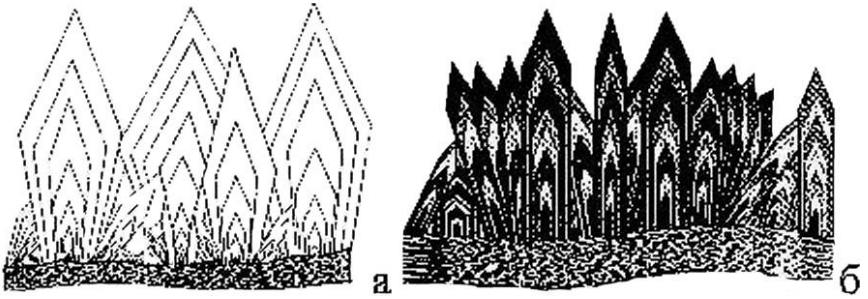
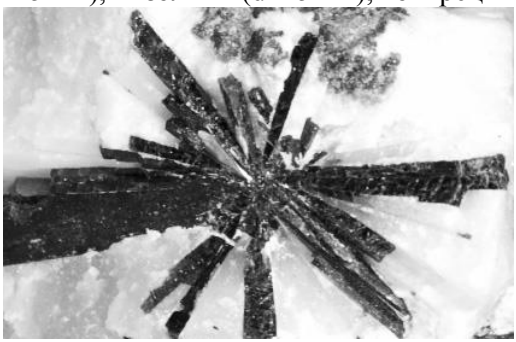


Рис. 11. Процесс формирования параллельного срастания кристаллов в процессе геометрического отбора минеральных индивидов.

Двойникование происходит при срастании двух или более кристаллических индивидов на стадии их зарождения. При этом сохраняется их ориентировка относительно плоскостей решетки.

Параллельные срастания образуются в процессе геометрического отбора растущих в стесненных условиях кристаллов. В процессе роста, соприкасаясь друг с другом, выживают кристаллы только в том случае, если они ориентированы субперпендикулярно к поверхности нарастания и субпараллельно друг другу (рис. 11).

Радиально-лучистые срастания (сферолиты) образуются в процессе геометрического отбора минеральных индивидов, растущих из одного центра по направлению к шаровой поверхности (рис. 12). Встречаются также *концентрически-зональные* сферолиты (например, жемчуг). В зависимости от размеров сферолиты делятся на: оолиты (d < 5 мм), пизолиты (d > 5 мм), конкреции (d > 20 мм).



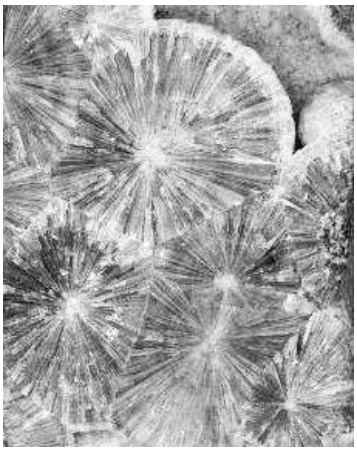
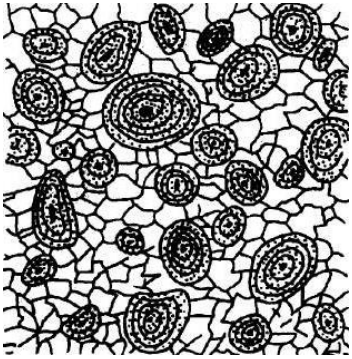
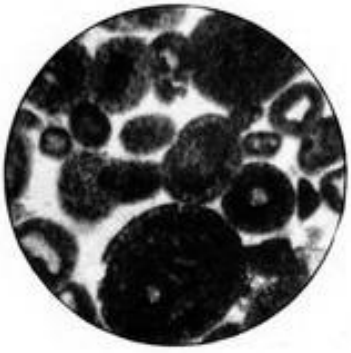


Рис. 12. Радиально-лучистые срастания (сферолиты).

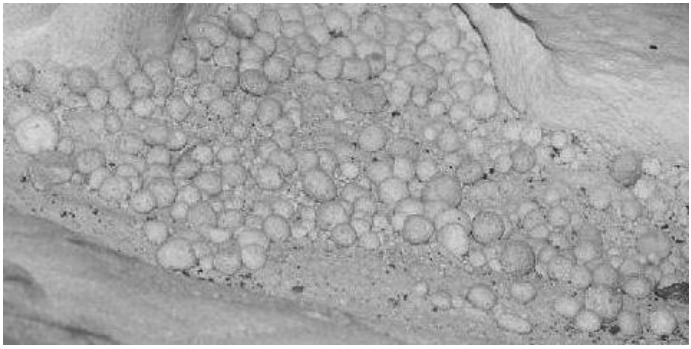
Оолиты – округлые минеральные скопления концентрически-скорлуповатого и радиально-лучистого строения (рис. 13). Они возникают при выпадении вещества из водных потоков в процессе коагуляции, а также при диагенезе в процессе циркуляции растворов в пустотах. Вокруг песчинок или органических обломков происходит последовательное нарастание тонких корочек осаждающегося вещества. Оолитовое строение характерно для руд марганца, железа, алюминия, для известняка.



а



б

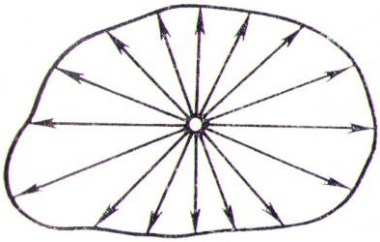


в

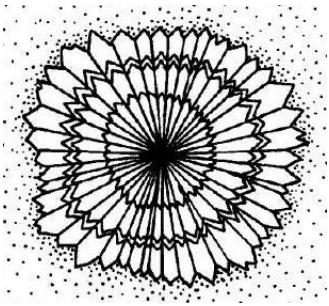
Рис. 13. Оолиты: а – схема строения; б – фото с шлифа; в – внешний вид (увеличено).

Пизолиты – округлые минеральные тела величиной с горошину, обычно кальцитовые (пизолитовый известняк), реже арагонитовые, железистые, бокситовые, марганцовистые и др.

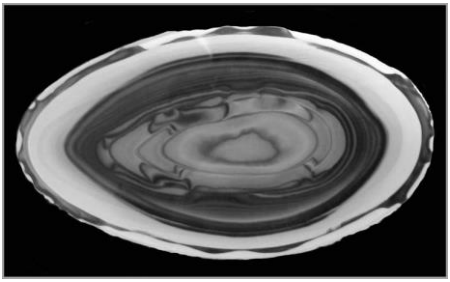
Конкреции – стяжения шарообразной или неправильной формы, возникающие часто вокруг органических остатков или минеральных ядер. Формирование происходит от центра к периферии, образуя радиально-лучистое или скорлуповатое строение (рис. 14). Септарии образуются при залечивании трещин вторичным минералом. Они встречаются в сплошном осадке и осадочных породах.



а

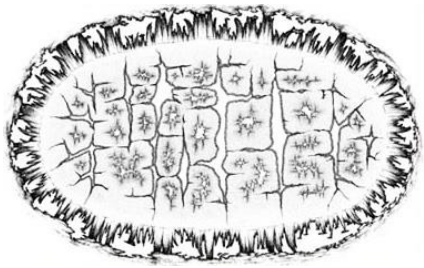


б



в

г



д

Рис. 14. Конкреции: а – принципиальная схема роста; б – радиально-лучистая конкреция; в – концентрически-зональная кремневая конкреция; г – внешний вид сросшихся железистых конкреций; д – конкреция-септария.

Конкреции могут сингенетическими, образованными одновременно с вмещающими породами, эпигенетическими и катагенетическими, возникшими при диагенезе и катагенезе (рис. 15).

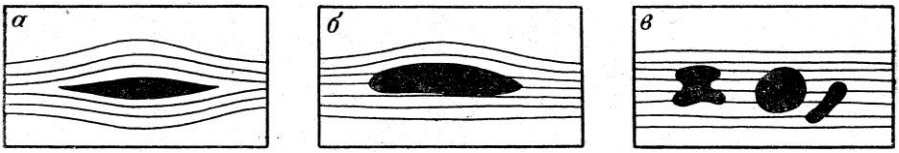


Рис. 15. Типы конкреций: а – сингенетические, б – диагенетические, в – катагенетические.

Внешней формой на конкреции похожи другие скопления минерального вещества – *секреции*. Однако в отличие от конкреций, секреции образуются при заполнении веществом полостей из водных растворов или путем диффузии вещества, от периферии к центру (рис. 16). Часто секреции имеют концентрически-зональное строение (агат). При изменении состава раствора образуются слоистые секреции (оникс). Секреции с пустотами в центре называются *жеодами*. Секреции размером менее 1 см называются *миндалинами*. Встречаются секреции в закарстованных и вулканических породах.

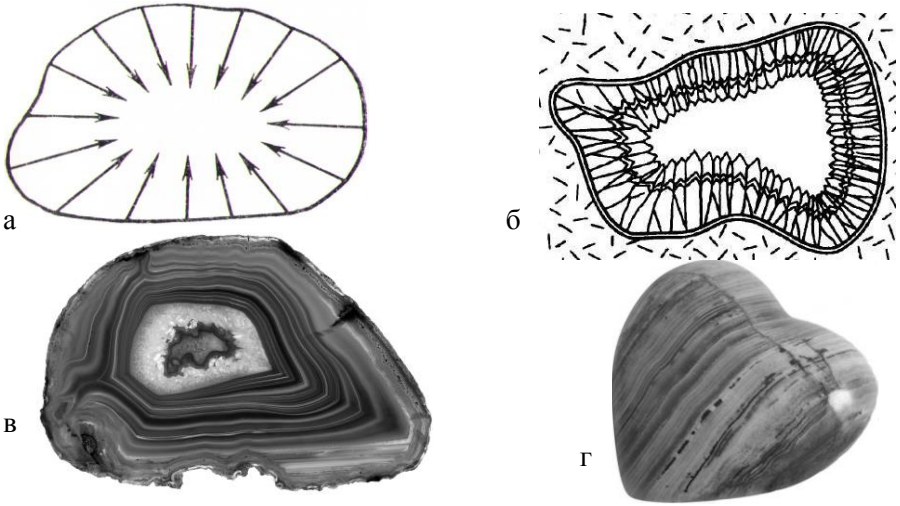


Рис. 16. Секреции: а – принципиальная схема роста; б – жеода; в – концентрическая секреция (агат); г – слоистая секреция (оникс).

В крупных пустотах также возникают разнообразные *натеки*. Это минеральные агрегаты в виде сосулек, гроздьев, почек, бугристых корок, прожилков, гнезд (рис. 17). В разрезе они имеют скорлуповатое, концентрическое, почковидное или плотное строение (кальцит, арагонит, малахит, халцедон (рис. 18), лимонит). Натеки, свисающие в виде сосулек сверху, называются *сталактитами*, а нарастающие им навстречу снизу – *сталагмитами*. Натечные формы образуются путем медленной кристаллизации коллоидных веществ.

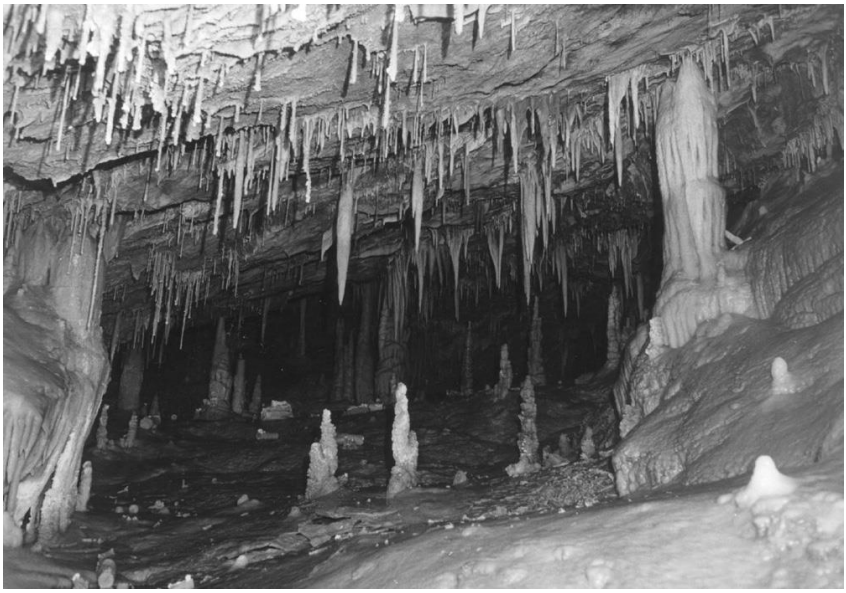


Рис. 17. Натечные формы в пещере.

Рис. 18. Натечный агрегат малахита (слева) и халцедона (справа).

Дендриты возникают в результате быстрой кристаллизации минералов из концентрированных растворов в тонких трещинах и порах породы и напоминают причудливые по форме ветки растений (разветвленные, древовидные, моховидные). Чаще всего, они представлены оксидами марганца и железа, а также самородной медью, серебром, золотом (рис. 19).

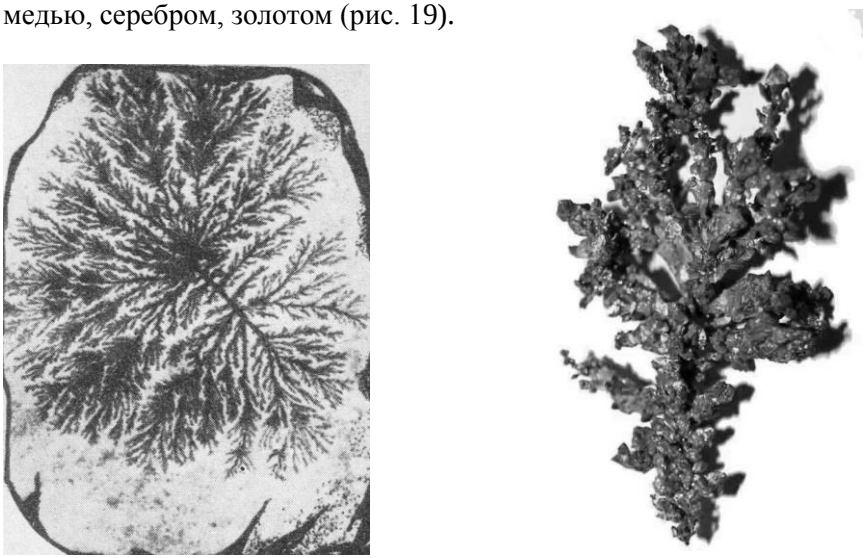
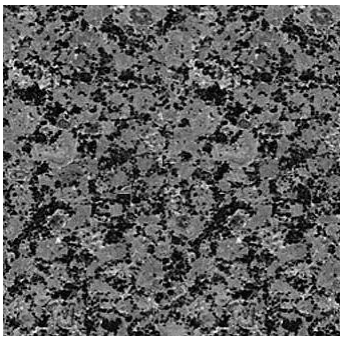


Рис. 19. Дендриты марганцевых соединений в известняке (слева) и самородной меди (справа).

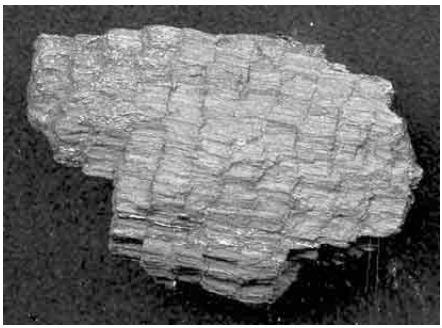
Зернистые агрегаты – сплошные массы сросшихся зерен одного (мономинеральные) или нескольких (полиминеральные) минералов. Каждое зерно, это неограничившийся, несформировавшийся кристалл, выросший в стесненных условиях. Зернистые агрегаты являются наиболее распространенной формой нахождения минералов (полнокристаллические магматические породы). По форме зерен различают следующие разновидности зернистых агрегатов (рис. 20): собственно зернистые, листоватые, чешуйчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые.

Плотные агрегаты состоят из очень мелких кристаллов, которые не различаются визуально, минерал кажется однородным (жильный кварц, нефелин). Они достаточно крепкие, не растираются в руках (халцедон). Иногда это аморфные вещества (опал).



а

б



в

г

д

е

Рис. 20. Зернистые агрегаты: а – собственно зернистый (гранит); б – листоватый (слюда); в – чешуйчатый (графит); г – шестоватый (кианит); д – игольчатый (актинолит); е – волокнистый (асбест).

Землистые агрегаты также состоят из неразличимых визуально кристаллов (мучнистых), но в отличие от плотных агрегатов, легко растираются в руках, пачкаются (каолинит, боксит, лимонит). Они могут быть рыхлыми, скрытокристаллическими (пиролюзит).

Друзы – незакономерные сростки хорошо сформированных кристаллов, выросших на общем основании в пустотах горных пород (рис. 21). Друзы крупных кристаллов называются *щетками*, а очень мелких кристаллов – *корками*. Друзы формируются при циркуляции минеральных растворов в пустотах и трещинах. Встречаются друзы кварца, пирита, топаза, кальцита и других минералов.

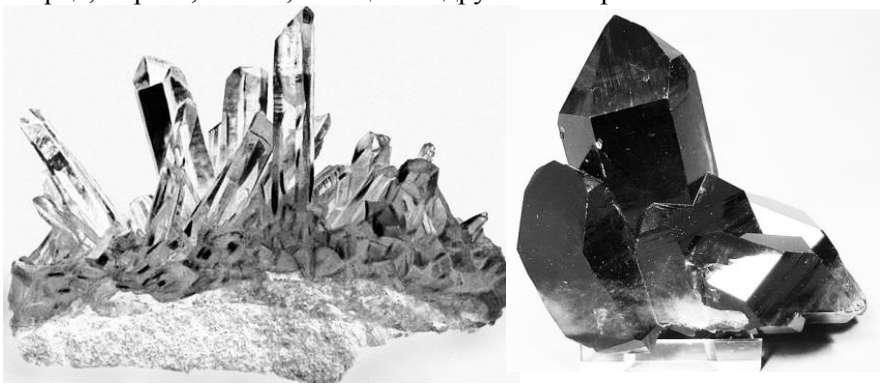


Рис. 21. Друзы кварца: горного хрусталя (слева) и мориона (справа).

Иногда на поверхности горных пород наблюдаются тонкие пленки минералов, называемые *налетами*, *примазками* и *выцветами*.

Налеты и примазки – тонкие пленки различных вторичных минералов, покрывающие поверхность кристаллов или пород. Наиболее часто это бурые пленки гидроксидов железа, черные пленки гидроксидов марганца, примазки медной зелени и сини в горных породах, вмещающих минералы меди.

Выцветы – периодически появляющиеся в сухую погоду и исчезающие в дожди рыхлые корочки, часто пушистые или моховидные пленки на поверхности почв, пород, по трещинам. Эти образования сложены чаще всего легкорастворимыми водными хлоридами, сульфатами разных металлов или другими воднорастворимыми солями.

Псевдоморфозами называют формы нахождения, не свойственные данному минералу. Например, лимонит заполняет оставшуюся от выщелачивания кубическую форму пирита; опал замещает по тканям разлагающееся дерево, кальцит – раковины моллюсков (рис. 22). Процесс псевдоморфного замещения минералов происходит как цепь последовательных химических реакций. При этом сохраняются все особенности первоначальной формы.

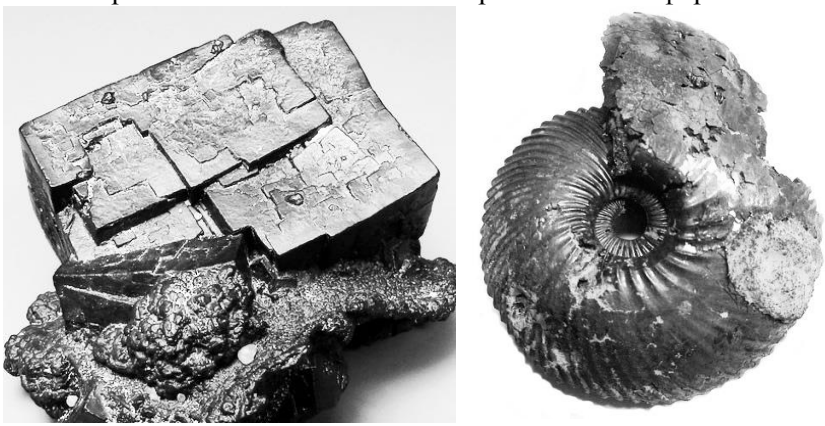


Рис. 22. Псевдоморфоза лимонита по пириту (слева), пирита по аммониту – биоморфоза (справа).

Параморфоза – частный случай псевдоморфозы. Минерал, который замещает исходный, имеет идентичный с исходным минералом химический состав. Так, при температуре 575°С и давлении 100 кПа образуются параморфозы α-кварца по β-кварцу.

Задание №4

По индивидуальным образцам описать минеральный агрегат по следующему плану:

название агрегата и минерала;
форма минеральных индивидов,
размер минеральных индивидов и агрегата,
наличие включений,
реконструкция механизма образования.

Текстура минералов характеризует форму, размеры и характер срастания минеральных агрегатов.

По форме минеральных агрегатов текстура может быть:

1) *массивная* (*однородная*) — состоит из одинаковых по форме и размерам агрегатов одного минерального вида или равномерно вкрапленных разных минералов (рис. 20 а);

2) *полосчатая* – образуется при ритмичной кристаллизации, характерна для агрегатов, кристаллизующихся из расплава или при перекристаллизации в твердом состоянии при метаморфизме (рис. 23 а, б);

3) *слоистая* – образуется при осадконакоплении, характерна для рыхлых минеральных агрегатов или впоследствии зацементировавшихся (рис. 23 в-е):

а) параллельно-слоистая – мощность слоя на всем протяжении одинакова;

б) горизонтально-слоистая;

в) наклонно-слоистая;

г) косослоистая – мощность слоя в разных участках различная, происходит выклинивание слоя в определенном направлении;

д) волнисто-слоистая;

е) перисто-слоистая – образуется при турбулентном осаждении;

ж) прерывисто-слоистая;

4) *вкрапленно-пятнистая* – состоит из среды (основной массы минералов) и примеси, которая может представлять собой вкрапления монокристаллов примесного минерала или пятнистые поликристаллические скопления (рис. 24);

5) *текстуры деформаций (нарушений):*

а) трещинные – в минеральном агрегате образуются трещины, которые могут быть параллельными, скрещенными, образовывать сетку, покрывающую весь минеральный агрегат и др. (рис. 25);

б) прожилковые, когда трещины заполнены минеральным веществом (рис. 26);

в) брекчиевые – остроугольные обломки сцементированы более поздним минеральным веществом);

г) конгломератовые – крупнообломочный окатанный материал сцементирован глинистым или карбонатным минеральным агрегатом;

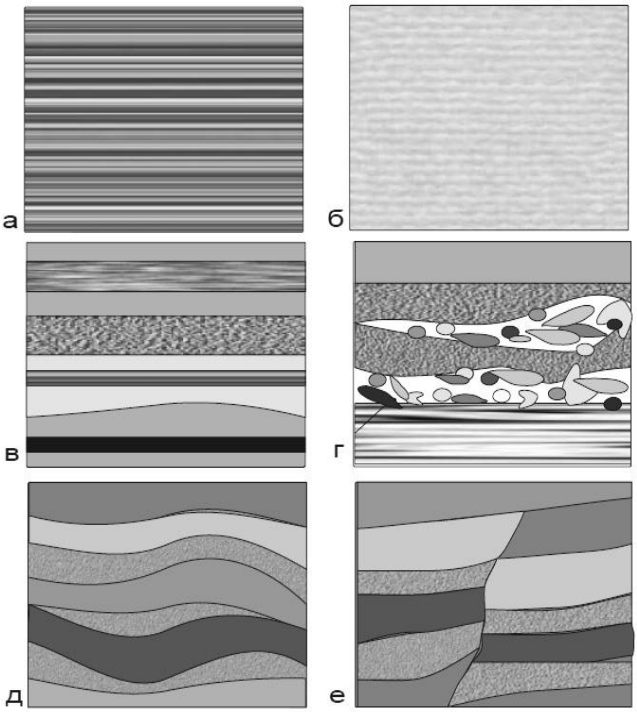


Рис. 23. Полосчатая и слоистая текстуры: а – параллельно-полосчатая; б – неясно-полосчатая; в – параллельно- и косо-слоистая; г – размыто-слоистая; д – волнисто-слоистая; е – смещено-слоистая.

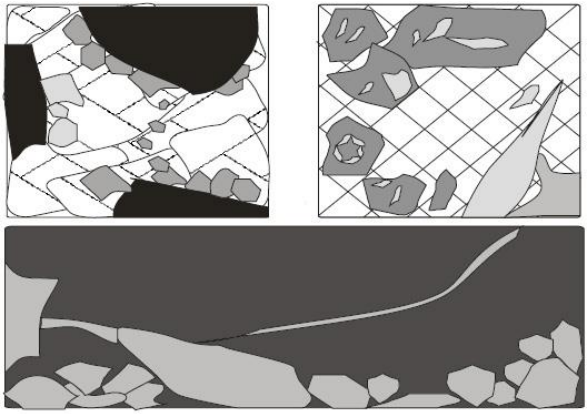


Рис. 24. Вкрапленно-пятнистые текстуры.

Рис. 25. Трещинные текстуры.

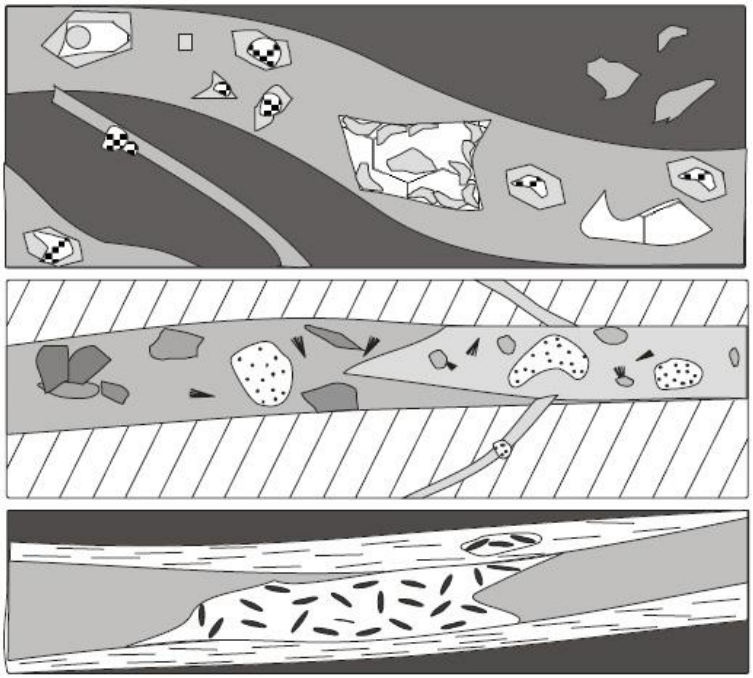


Рис. 26. Прожилковые текстуры.

6) *колломорфная* (*метаколлоидная*) – характеризуется скрытокристаллической структурой и послойной или концентрически-послойной текстурой (сосульки, наплывы, сталактиты в пещерах и др.) (рис. 17, 18).

Задание №5

По индивидуальным образцам описать минеральный агрегат по следующему плану:

название агрегата и слагающих компонентов;
форма и размер слагающих компонентов,
текстура агрегата,
наличие включений и деформаций,
реконструкция механизма и условий образования агрегата.

2.2. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Физико-диагностические свойства минералов зависят от их химического состава и внутреннего строения, то есть кристаллической решетки. Минералы отличаются друг от друга комплексом свойств, которые необходимо определить, чтобы дать название минерала, то есть определить принадлежность изучаемых образцов к тому или иному минеральному виду.

Механические свойства определятся при каком-либо механическом воздействии на минерал: твердость, спайность и излом.

Твердость – способность минерала противостоять внешнему механическому воздействию (царапанью другим минералом или иным предметом). Обычно определяется относительная твердость с помощью минералов шкалы Ф. Мооса или ее заменителей. Шкала Мооса состоит из десяти наиболее распространенных минералов, расположенных в порядке увеличения твердости (табл. 3).

Для определения твердости исследуемого минерала по его поверхности проводят эталоном шкалы Мооса или заменителем. Каждый последующий минерал царапает предыдущий минерал. Если на исследуемом минерале остается царапина, то его твердость будет меньшей, чем у эталона; если появляется черта (стирается), то твердость его больше твердости эталона. Испытания проводят до тех пор, пока исследуемый минерал не встанет в интервале между двумя эталонами, т.е. его твердость определится как промежуточная между ними или как равная одному из них. При испытании твердости мелкозернистого агрегата удобнее царапать его зернышками по эталону шкалы.

Таблица 3

Твердость минералов шкалы Ф. Мооса

Относительная	Эталонный минерал	Группа твердости	Заменители*	Абсолютная, кг/мм^2
1	тальк	мягкие	царапается ногтем	1
2	гипс		чертится ногтем	3
3	кальцит	средней твердости	царапается монетой	9
4	флюорит		чертится ножом	21
5	апатит		царапается ножом	48
6	ортоклаз	твердые	царапает стекло	72
7	кварц		царапает стекло	100
8	топаз	очень твердые	царапает кварц	200
9	корунд		чертит топаз	400
10	алмаз		не царапается	1600

* На практике часто используются следующие заменители: грифель мягкого карандаша – 1; поваренная соль – 2; ноготь – 2,5; медная монета – 3,5; лезвие ножа, гвоздь – 4-6; стекло – 5; напильник – 7.

Абсолютная твердость определяется в лабораториях для точной диагностики минерала и изучения изменения его твердости в разных направлениях. Она изучается с помощью микроскопа, твердомера (склерометра) и других приборов методами вдавливания, царапания, сверления, шлифования.

Спайность – способность минералов раскалываться по определенным направлениям с образованием гладких плоских поверхностей – плоскостей спайности. Спайность может появляться в одном, двух, трех, четырех и шести направлениях. Это свойство обусловлено внутренним строением кристаллов – расщепление происходит в направлениях наименьшего сцепления между атомами.

Различают пять видов спайности:

- весьма совершенная – минерал легко расщепляется пальцами на тончайшие пластинки и чешуйки (слюда, тальк, графит);
- совершенная – при легком ударе раскалывается на ровные и зеркальные плоскости в одном (гипс), двух (полевые шпаты, пироксены), трех (галит и кальцит) или четырех (флюорит) направлениях;

- средняя (явственная) – при ударе раскалывается с образованием ступенчатых параллельных поверхностей, остальная поверхность будет неровная (ортоклаз, флюорит);
- несовершенная – обнаруживается с трудом, т.к. при расколе образуются преимущественно неровные поверхности, на фоне которых могут наблюдаться параллельные между собой площадки (берилл, апатит, оливин);
- весьма несовершенная спайность (отсутствует) – при расколе все осколки имеют неровные, волнистые, раковистые поверхности (кварц, корунд, нефелин).

При наличии спайности в двух и более направлениях указывают углы между ними и (или) образуемые ими фигуры.

Нередко плоскости спайности путают с гранями кристалла. Однако плоскости спайности имеют более сильный блеск и свежий вид, образуют ряд параллельных друг другу поверхностей, гладких, глянцевых. Поверхности же граней часто имеют следы выветривания, механические дефекты, штриховку.

Кроме того, некоторые минералы раскалываются по определенным направлениям – трещинам отдельности, возникающим в результате двойникования, роста или внешнего воздействия.

Излом характеризует общую поверхность раскола минералов, когда не удается обнаружить спайность. Различают следующие основные виды излома:

- неровный – плоскость в виде неопределенно выраженных поверхностей (сера, апатит, нефелин);
- занозистый (игольчатый) – поверхность излома как бы покрыта мелкими иголочками (амфиболы, асбест);
- раковистый – концентрически-волнистая поверхность, напоминающая ребристость раковин (нефелин, халцедон, опал);
- землистый – напоминает матовую шероховатую поверхность, как бы покрытую пылинками (каолинит);

а также ступенчатый (галит, галенит, полевые шпаты), ровный (кальцит), крючковатый (медь, золото), зернистый (полевые шпаты).

Для определения спайности и излома следует использовать свежие образцы. Путем его вращения характеризуются поверхности сколов. При обнаружении поверхностей спайности надо определить направления сколов и излом.

Оптические свойства минералов: цвет, прозрачность и блеск.

Цвет (окраска) – наиболее яркое и первое свойство, которое бросается в глаза. Для многих минералов он непостоянен из-за наличия примесей. В то же время практически один и тот же цвет могут иметь разные минералы. В целом, цвет обусловлен содержанием в минерале хромофоров (красителей) – элементов, интенсивно поглощающих солнечную энергию определенного диапазона. Наиболее распространенными хромофорами в минералах являются железо (красный, бурый), марганец (черный, розовый), хром (зеленый), медь (синий, зеленый), никель (светло-зеленый) и кобальт (синий). Сильным хромофором является мышьяк (ярко-красный, желтый), уран (серебристый), титан (серебристо-белый), литий (розовый), ртуть (красный). Встречаются и бесцветные минералы. Обычно цвет определяют на глаз, сравнением с хорошо известными предметами (молочно-белый, кирпично-красный, яблочно-зеленый, медово-желтый, соломенно-желтый). Для определения цвета рудных минералов добавляют название металла (свинцово-серый, медно-красный). Существуют и стандартные шкалы цветности.

Диагностическим признаком цвет может быть только для густо окрашенных минералов, имеющих постоянную окраску, обусловленную их химическим составом. Такая окраска называется *идиохроматической*. В данном случае хромофором является главный химический элемент минерала (например, малахит окрашен в ярко-зеленый цвет медью).

Для слабо окрашенных минералов, интенсивность цвета которых зависит от элементов-примесей или особенностей внутренней структуры, окраска не является существенным диагностическим признаком. Цвет минерала, обусловленный примесями, называется *аллохроматической* (например, кварц аметист окрашен в фиолетовый цвет примесью железа).

Некоторые минералы имеют *псевдохроматическую* окраску, обусловленную налетами, выцветами, примазками, побежалостью (пленка окисления, вызывающая интерференцию света), иризацией (цветной отлив, обусловленный включениями, вызывающими интерференцию). Радужная побежалость часто бывает у рудных минералов, иризация характерна для лабрадора (включения ильменита, авгита).

Цвет минерала в куске зависит от состава минерала, от характерного распределения ионов в кристаллической решетке (в т.ч. дефектов), от химических и механических примесей (своеобразных «заноз» других минералов), от толщины образца. В этой связи более надежным признаком является цвет минерала в порошке.

Цвет черты (*цвет в порошке*) – цвет тонкого порошка минерала (твердостью не более 6), который он оставляет на фарфоровой пластинке – бисквите. Цвет черты может не совпадать с цветом минерала в куске. Этот свойство минерала легко определить, проводя испытуемым минералом черту по шероховатой, непокрытой глазурью поверхности фарфора. Цвет черты является наиболее постоянной характеристикой минерала. Например, у гематита цвет в куске может быть черным, бурым, кирпично-красным, а цвет черты – всегда вишнево-красный; гематит, лимонит и магнетит могут иметь одинаковый цвет в куске, поэтому различить их можно по цвету черты – соответственно красному, желтому и черному. Твердые минералы, не оставляющие черты на бисквите, сначала разбиваются на мелкие осколки, которые растираются в ступке, а цвет полученного порошка определяется на белом фоне.

Прозрачность – способность минерала пропускать свет через тонкие пластинки и сколы. Абсолютно непрозрачных тел не существует, однако многие минералы, особенно рудные, даже в тонких пленках видимые лучи пропускают в столь малых количествах, что практически кажутся совершенно непрозрачными. Точно также не существует и абсолютно прозрачных минералов, т.е. таких, которые не поглощали бы проходящего через них света.

В зависимости от степени прозрачности минералы делятся на следующие группы:

- прозрачные – пропускают свет подобно оконному стеклу (горный хрусталь, мусковит, топаз, исландский шпат);
- полупрозрачные – через которые видны лишь очертания предметов (сфалерит, киноварь, гипс, опал, раухтопаз, изумруд);
- просвечивающие – пропускают свет только в очень тонких пластинках, подобно матовому стеклу (халцедон, полевые шпаты);
- непрозрачные – не пропускают световых лучей даже в очень тонких пластинках (магнетит, пирит, графит).

Блеск – способность минерала отражать своей поверхностью свет в различной степени. Он зависит в основном от показателя преломления и в меньшей степени от агрегатного состояния минерала. Блеск на гранях кристалла и поверхности излома в агрегатах обычно разный (например, у серы на гранях он алмазный, а в изломе жирный). Он является важным диагностическим признаком.

Различают три группы блеска: металлический, полуметаллический и неметаллический.

Металлический блеск – сильный блеск, напоминающий отражение от поверхности свежего металла (сульфиды, некоторые оксиды, самородные металлы).

Полуметаллический (металловидный) блеск напоминает блеск потускневшей поверхности металла (графит, гематит, марматит).

Полуметаллический и металлический блеск имеют полупрозрачные и непрозрачные минералы обязательно с темной чертой.

Неметаллический блеск наиболее распространен. Такой блеск имеют обычно светлые прозрачные и полупрозрачные минералы со светлой чертой (флюорит, кварц, ангидрит, галит, кальцит, доломит). Они падающий свет в основном поглощают. По степени интенсивности различают следующие его виды:

- алмазный характерен для минералов с высоким показателем преломления света (алмаз, киноварь, сера, циркон, сфалерит);
- стеклянный напоминает блеск поверхности стекла, характерен для минералов с невысоким показателем преломления (гипс, ортоклаз), широко распространен среди прозрачных минералов (кварц на гранях, кальцит);
- восковой напоминает поверхность воска, парафина (халцедон, тальк);
- жирный напоминает пленку жира, что обусловлено взаимным гашением отраженных от неровной поверхности минерала лучей (кварц на изломе, нефелин, тальк);
- шелковистый наблюдается при волокнистом и столбчатом строении минерала и напоминает блеск шелковых нитей (асбест, селенит);
- перламутровый напоминает радужные переливы перламутровой поверхности раковины, возникающие вследствие

отражения света от плоскостей спайности, расположенных под верхней из них (тальк, слюда, кальцит, пластинчатый гипс);

- смолистый, это слабый блеск, напоминает отражение вязкой смолы (аурипигмент, янтарь);

- матовый (матовый) очень слабый, наблюдается у минералов с очень тонкошероховатой, пористой, неровной землистой поверхностью излома (каолинит, кремень, лимонит).

Прочие свойства минералов играют вспомогательную роль. Однако для отдельных минералов прочие свойства могут быть отличительными признаками, например, галит (поваренная соль) имеет соленый вкус, графит пачкает руки, сера пахнет при горении, магнетит отклоняет магнитную стрелку компаса, барит отличается тяжелым удельным весом и т.п.

Плотность (удельный вес) минералов колеблется в широких пределах – от 0,6 до 27 г/см^3. Наиболее распространенные минералы имеют плотность от 2 до 5 г/см^3. Наибольшую плотность имеет платинистый иридий – 22,7 г/см^3.

Точное определение плотности возможно лишь в лабораторных условиях путем взвешивания и посредством других специальных измерений. В полевых условиях и учебной диагностике плотность определяется приблизительно путем взвешивания на руке, когда держим одновременно близкие по объему образцы, с оценкой «легкий», «средней тяжести», «тяжелый» и «очень тяжелый».

По абсолютной плотности минералы делятся на аналогичные категории: легкие – до 2,5 г/см^3 (галит, гипс, нефть); средние – от 2,5 до 4 г/см^3 (кальцит, кварц, полевые шпаты, слюды); тяжелые – от 4 до 6 г/см^3 (аурипигмент, гранаты); очень тяжелые – более 6 г/см^3 (самородные металлы, уранинит, церуссит, киноварь).

Магнитность характерна для минералов, содержащих железо. Она выявляется при помощи магнитной стрелки, которая притягивается или отталкивается при поднесении к ней магнитных минералов (магнетит, пирротин, ферроплатина).

Реакция 10%-ым раствором соляной кислоты (HCl) применяется для выявления карбонатных солей. Бурно реагирует («вскипает») под воздействием холодной HCl с выделением CO_2 кальцит; доломит «вскипает» медленно, но в порошке, а также при нагретой HCl реагирует магнезит. Многие сульфиды реагируют с выделением H_2S, который легко отличим по характерному запаху. В

процессе эксплуатации нефтяных скважин в осложненных условиях, когда в призабойной зоне пласта и в скважине происходит отложение кальцита, основным методом его удаления является именно солянокислотная обработка. При этом концентрация соляной кислоты, как правило, увеличивается до 12-16%, реже до 20-25% (в зависимости от проницаемости пласта). Проникая по трещинам вглубь пласта, кислота реагирует с породой и создает сеть расширенных флюидопроводящих каналов, простирающихся на значительные расстояния от ствола скважины. Такая сеть каналов значительно увеличивает поверхности фильтрации в пласте, его фильтрующую способность. Кроме того, происходит очистка фильтра и внутрискважинного оборудования. Все это приводит к повышению продуктивности скважин. Соляно-кислотная обработка является традиционной, наиболее распространенной и относительно дешевой технологией повышения нефтеотдачи.

Запах иногда важно оценивать при механическом воздействии. Например, арсенопирит при ударе молотком издает запах чеснока; апатит при нагревании издает запах жженой кости (как при сверлении зуба).

Вкус определяется для минеральных солей, хорошо растворимых в воде. Так, минерал галит (каменная соль) NaCl имеет соленый вкус, а сильвин (калийная соль) KCl – горько-соленый вкус и слегка щиплет язык.

Двойное лучепреломление – свойство некоторых прозрачных минералов (рис. 27). При просмотре через минерал наблюдается двойное изображение предмета (исландский шпат).

Радиоактивность проверяется радиометрами, а в учебных целях – с помощью фотобумаги или фотопленки. Если подержать образец в темной комнате на этих материалах, а затем проявить, то наличие светлого пятна будет говорить о радиоактивности минерала. Наиболее радиоактивен уранинит, в меньшей степени – монацит, ортит, циркон.

Растворимость в воде характерна для хлоридов, сульфатов и карбонатов. Быстрорастворимые минералы – галит, сильвин – имеют вкус. Гипс, ангидрит, кальцит растворяются медленно, поэтому это свойство в поле и лаборатории быстро проверить трудно.

Рис. 27. Эффект двойного лучепреломления исландского шпата.

Люминесценция – способность минералов светиться под воздействием ультрафиолетовых, катодных и рентгеновских лучей. Это свойство проверяется только в специализированных лабораториях. Этим свойством обладает нефть, поэтому оно используется при анализе керна в ходе нефтепоисковых и разведочных работ.

Штриховка на гранях помогает диагностировать минералы с развитыми кристаллами. У пирита штриховка на каждой грани перпендикулярна соседней, а у антимонита и топаза – параллельна и расположена вдоль кристалла, у кварца штриховка поперечная, т.е. перпендикулярна вытянутости кристалла.

Некоторые минералы можно определить ***на ощупь***: одни из них жирные (тальк), другие сухие (боксит), третьи мажущие (каолинит).

Диагностика каждого минерала (минерального вида) производится на основе определения всего комплекса свойств у отдельных минеральных индивидов (зерен, кристаллов), поскольку агрегат обладает уже другими свойствами. Минералоги для полной характеристики кроме диагностических свойств определяются генетико-информационные свойства минералов с помощью современных методов: люминесценции, электронной микроскопии и др. При полевых работах необходимо стремиться установить условия образования (генезис) минерала, т.к. это позволяет уточнить его наименование.

Задание №6

Работа заключается в характеристике минералов шкалы Мооса. Для этого необходимо заполнить таблицу, пользуясь минералами самой шкалы или их заменителями.

Оборудование – коллекция минералов шкалы Мооса, стеклянные пластинки, керамические пластинки (бисквит), 10%-ный раствор соляной кислоты, лупа, конспекты лекций, учебные пособия.

Таблица

Физико-диагностические свойства минералов шкалы Мооса

Твердость относи-тельная	*Минерал, формула*	*Цвет и блеск*	*Спайность и излом*	*Морфология, особые свойства*
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Выполнил: *Проверил:*

1. Сначала нужно, аккуратно царапая образцы друг о друга, расположить минералы в порядке увеличения относительной твердости. Затем надо провести ногтем по минералам и выделить группу мягких минералов. Минералами с твердостью более 3 провести с усилием по стеклу и выделить группу минералов средней твердости – не царапают стекло и не царапаются ногтем. Минералы с твердостью более 5,5 – твердые, среди которых выделяются очень твердые, оставляют царапину на кварце.

2. Каждым образцом проведите по фарфоровой пластинке, определите и запишите цвет и цвет черты минералов. Обратите внимание на неметаллический стеклянный блеск и его разновидности: жирный, перламутровый и другие.

3. Затем определите спайность и излом у образцов: у обломков крупных кристаллов охарактеризовать поверхности сколов, у агрегатов определить размер зерен и вид их поверхностей сколов, т.е. нужно приобрести навыки наблюдения за минералами и поверхностями их скола.

4. Наконец, надо определить и записать морфологию минералов или их агрегатов, т.е. научиться различать обломки кристаллов и агрегатов, размеры и форму индивидов.

5. Используя учебные и справочные пособия, сравнивая образцы минералов друг с другом, диагностировать другие отличительные свойства минералов.

Задание №7

По индивидуальным образцам охарактеризовать минералы (минеральные агрегаты) путем заполнения таблицы.

Оборудование – коллекция минералов шкалы Мооса, коллекция породообразующих минералов, стеклянные пластинки, керамические пластинки (бисквит), 10%-ный раствор соляной кислоты, лупа, стальная игла, компас, медная монета, конспекты лекций, учебные пособия.

Таблица

Физические свойства минералов

Минерал, формула	*Блеск*	*Твердость отн., группа твердости*	*Цвет и прозрачность*	*Цвет черты*	*Спайность*	*Излом*	*Магнитность*	*Реакция с HCl*	*Генезис, горные породы*	*Практическое применение*

Выполнил: *Проверил:*

Начертите на двух «развернутых» листах тетради таблицу.

Затем надо последовательно определить и записать в таблицу основные свойства и значение выданных минералов.

2.3. КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

В настоящее время установлено более 3 000 минеральных видов. Однако лишь около 50 видов минералов встречаются достаточно часто, слагают горные породы на 50-100% и называются *породообразующими минералами*. Другие минералы встречаются в подчиненном количестве (менее 5%) – *второстепенные (акцессорные) минералы*. Некоторые из второстепенных минералов характерны только для горных пород определенного происхождения (хромит – для магматических пород – дунитов, циркон – для магматических щелочных пород).

Практическое значение имеют около 300 видов минералов, в т. ч. многие породообразующие и второстепенные. Если отдельные минералы и агрегаты удовлетворяют требованиям человека, промышленности, то их называют уже *рудными минералами*.

Типоморфные минералы образуются только при определенных условиях, т.е. имеют конкретный генезис и встречаются в породах соответствующего происхождения.

Преимущественно осадочное происхождение имеют глинистые минералы, галит, гипс, кальцит, лимонит и некоторые другие; магматическое и метаморфическое происхождение – многие породообразующие силикаты; только магматическое – лабрадор, нефелин, оливин; только метаморфическое – графит, серпентин, тальк, хлорит, серицит и другие. Кварц – вездесущий минерал, является породообразующим для магматических кислых пород – гранита, риолита, для осадочных – песка, песчаника, суглинков, супесей и даже глинистых пород; для метаморфических – кварцитов, гнейсов и многих других. При этом в метаморфических породах кварц находится в ассоциации с такими темными силикатами, с которыми он никогда не образуется при кристаллизации магмы и не входит в состав магматических пород.

При более близком рассмотрении различают следующие типы происхождения минералов: магматический, пегматитовый, пневматолитовый, гидротермальный, гипергенный, собственно метаморфический, метасоматический и другие.

Магматический тип. Минералы образуются из магмы – сложного силикатного высокотемпературного расплава, насыщенного

газами. При медленном остывании из нее на ранних стадиях выделяются оливин, пироксены, плагиоклазы, позже – амфиболы, слюды, ортоклаз, кварц. Таким путем образуется около 370 минералов, главным образом силикаты, а также некоторые рудные минералы.

Пегматитовый тип. Пегматитовая дифференциация (расщепление) магмы начинается с остыванием ее последних порций, обогащенных щелочами, окислами и газами. Она происходит при температуре 700-500º. В этих условиях образуются наиболее крупные кристаллы минералов, известные в природе: берилл весом 18 т, сподумен длиной 14 м, биотит площадью 7м^2, ортоклаз весом 100 т, циркон весом 6 кг и т.п. Пегматитовые жилы из крупных кристаллов кварца, ортоклаза и слюды иногда прорезают магматические тела во всех направлениях.

Пневматолитовый тип. При остывании магмы из нее выделяются перегретые пары, газы разнообразного состава. Из этих летучих соединений в трещинах горных пород образуются минералы: самородная сера, слюды, кварц, топаз, турмалин, рутил и другие.

Гидротермальный тип. Минералы формируются путем выпадения из горячих (ниже 500º) водных магматических растворов по мере их охлаждения. Таким путем в трещинах пород появляются флюорит, барит, кальцит, самородные элементы, сульфиды и др.

Гипергенный тип. Минералы образуются на земной поверхности или в самых верхних слоях, а также в морях, озерах и болотах. Они возникают в результате течения ряда химических реакций, нередко при участии влаги и газов атмосферы, в результате деятельности подземных вод и вод морей, озер и болот, а также деятельности организмов. Так могут возникнуть гипс, галит, фосфорит, кальцит, глинистые минералы, лимонит и другие.

Метаморфический тип. Возникновение минералов связано с воздействием больших давлений и температур на существующие минералы. В таких условиях (на большой глубине или на контакте магмы и вмещающих пород) минералы перекристаллизовываются и дают новые минералы. Большинство метаморфических минералов имеют силикатный состав (полевые шпаты, тальк, хлорит, серпентин), а также кварц, магнетит и другие минералы.

В природе один и тот же минерал может образоваться в различных условиях, при этом он приобретает типоморфные

особенности. Устойчивые ассоциации минералов, сформированные в одних и тех же условиях образуют *парагенезисы*.

В основе современной классификации минералов лежат их химический состав и кристаллическая структура – кристаллохимическая классификация (табл. 4).

Таблица 4

Основные кристаллохимические типы и классы минералов

Типы	Классы	Примеры минералов	Количество от видов, %	Содержание от массы в земной. коре, %
Простые	Самородные элементы	Медь, золото, серебро, сера, графит, алмаз	3,3	0,10
Сернистые	Сульфиды и их аналоги	Галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, арсенопирит, молибденит, киноварь, антимонит	13,0	1,15
Кислородные	Оксиды и гидроксиды	Кварц, касситерит, корунд, магнетит, ильменит, гематит, гетит (лимонит)	12,5	17,00
	Сульфаты	Ангидрит, барит, гипс, целестин	9,0	0,50
	Карбонаты	Кальцит, доломит, магнезит, малахит	4,5	1,70
	Силикаты и алюмосиликаты	Оливин, гранаты, берилл, турмалин, слюды, пироксены, амфиболы, хлорит, тальк, серпентин, эпидот, полевые шпаты, гарниерит, актинолит, нефелин, глауконит, каолинит	25,0	75,00
	Фосфаты	Апатит, вивианит	17,0	0,70
	Вольфраматы	Вольфрамит, шеелит	1,0	0,15
Галоиды	Хлориды, фториды	Галит, сильвин, карналлит, флюорит	5,7	1,50

2.4. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИНЕРАЛОВ

Самородные элементы

Это класс минералов, состоящих их одного химического элемента и называемых по этому элементу. К ним относится золото, серебро, медь, платина, алмаз, графит, сера и другие. Все они подразделяются на две группы: металлы и неметаллы. В первую группу входят самородные Au, Ag, Cu, Pt, Fe и некоторые другие, во вторую – As, Bi, S и C (алмаз и графит).

Графит. Химическая формула минерала – C. Самая известная полиморфная модификация графита – алмаз. Кристаллы пластинчатые, чешуйчатые (рис. 20-в). Образует листоватые и округлые радиально-лучистые и концентрически-зональные агрегаты. Твердость – 1 (по шкале Мооса). Хорошо проводит электрический ток. Цвет тёмно-серый, блеск металлический. Жирный (скользкий) на ощупь. Образуется при высокой температуре в вулканических и магматических горных породах, в пегматитах и скарнах. Широко распространён в метаморфических породах – кристаллических сланцах, гнейсах, мраморах. Применение: для изготовления плавильных тиглей, твёрдых смазочных материалов; как наполнитель пластмасс, стержней чёрных графитовых карандашей; для получения синтетических алмазов и т.д.

Медь. Cu. Медь способна образовывать самородки огромных размеров (один такой самородок в музее Горного института в Москве имеет вес 860 кг). Очень красивые самородки встречаются на Урале в виде веточек папоротника (рис. 19). Часто самородки покрыты медной зеленью и другими окисленными минералами меди. Медь обладает ковкостью. Именно поэтому медь использовалась человеком для изготовления орудий труда и охоты. Цвет – красный, часто с бурой и пестрой побежалостью. Блеск – металлический. Твердость – 2,5-3. Излом – крючковатый. Медь встречается в базальтовых лавах, песчаниках, конгломератах, в гидротермальных жилах и пластовых залежах совместно с халькозином, купритом, малахитом. Применение: электротехника, машиностроение, приборостроение, судостроение.

Сера. S. Сера нередко встречается в самородном виде, образуя плотные или землистые массы или же кристаллические агрегаты в

виде кристаллических друз, пленок и налетов. Находятся также и хорошо образованные кристаллы, достигающие значительных размеров. Раковистый излом. Твердость 1,5-2,5 (по шкале Мооса). Цвет медово-желтый, серно-желтый, серый и бурый. Блеск жирный, приближающийся к алмазному. Самородная сера образуется из сероводородных подземных вод, путем восстановления гипса, окислении сульфидов, вследствие возгонки в продуктах вулканической деятельности. Применение: производство серной кислоты, красок, для борьбы с вредителями сельского хозяйства и т.д.

Сульфиды

Сульфиды, или сернистые соединения металлов, представляют большой интерес как руды цветных и черных металлов. Сульфиды имеют металлический блеск, они непрозрачные, тяжелые.

1. Простые сульфиды – соединения одного металла с серой.

Антимонит (сурьмяный блеск). Sb_2S_3. Цвет свинцово-серый. Твердость 2-2,5. Спайность весьма совершенная. Обладает сильным двуотражением и анизотропией. По происхождению гидротермальный. Основной источник получения сурьмы.

Аурипигмент. As_2S_3. Цвет от лимонно-жёлтого до золотисто-жёлтого, на свежем сколе яркий. Блеск от алмазного до металлического, на свежих плоскостях спайности – сильный перламутровый. Спайность может быть весьма совершенной и неясной. Излом ступенчатый (раковистый). Твёрдость 1,5 - 2, вязкий, легко режется ножом. Обладает специфическим серным запахом, усиливающимся при нагревании. Аурипигмент имеет гидротермальное происхождение. Аурипигмент является важной рудой мышьяка. Широко используется как минеральный пигмент в живописи.

Галенит (свинцовый блеск). PbS. Твёрдость 2-3. Цвет стальной, серый с голубоватым отливом, блеск металлический, излом ступенчатый, хрупкий. Спайность совершенная. Месторождения гидротермальные и метасоматические. Основная руда свинца.

Киноварь. HgS. Цвет красный, на свежем сколе напоминает пятна крови. Спайность совершенная в одном направлении. В тонких осколках киноварь прозрачна, обладает ярким «алмазным» блеском.

Твёрдость 2-2,5. Киноварь образуется в гидротермальных месторождениях. Применяется как источник для получения ртути.

Молибденит (молибденовый блеск). MoS_2. Это мягкий свинцово-серый минерал с жирным металлическим блеском. Твёрдость 1-1,5. В результате гидротермальных процессов осаждается из глубинных горячих вод. Молибденит используется для получения молибдена, рения, селена; как полупроводник в радиотехнике; как компонент смазок в машиностроении.

Реальгар. As_2S_3. Цвет от ярко-красного до оранжево-жёлтого, блеск стеклянный до жирного, прозрачен. Спайность совершенная. Твердость 1,5-2. Образуется гидротермальным путём. Является рудой на мышьяк.

Сфалерит (цинковая обманка). ZnS. Цвет обычно серый. Сфалерит янтарно-жёлтого цвета называют медовой обманкой, оранжево-красного цвета – рубиновой обманкой; железистый сфалерит (Zn,Fe)S черного цвета – марматитом. Совершенная спайность в трёх направлениях. Твердость 3,5-4. Сфалерит встречается в гидротермальных месторождениях, скарнах, полиметаллических рудах. Сфалерит используют в лакокрасочном производстве и для выплавки металлического цинка.

Халькозин (медный блеск). Cu_2S. Цвет серо-черный. Спайность неясная, излом раковистый. Твердость 2,5-3. Ковкий, хороший проводник электричества. Халькозин образуется при гипергенных процессах. Является главным рудным минералом медистых песчаников. Встречается также в гидротермальных рудах. Халькозин — один из главных рудных минералов меди.

2. Двойные сульфиды – соединения двух или трех металлов с серой.

Борнит. Cu_5FeS_4. Цвет медно-красный. Блеск полуметаллический. Спайность практически отсутствует, излом неровный. Твердость 3-4. Генезис разный: гидротермальный; гипергенный – для зоны вторичного сульфидного обогащения и осадочных пород. Борнит — важный минерал медных руд.

Пентландит. $(Fe, Ni)_9S_8$. Цвет бронзово-жёлтый. Спайность совершенная. Твердость 3-4. Хрупкий. Хороший проводник электричества. Происхождение магматическое. Известен в кимберлитах, алмазах, метеоритах и лунных породах. Пентландит — важнейший источник никеля.

Халькопирит (медный колчедан). $CuFeS_2$. Цвет золотисто-жёлтый. Твёрдость 3,5-4. Спайность несовершенная. Происхождение гидротермальное. Образуется также при метаморфических процессах. Важнейшая медная руда. Использовался как детектор в первых радиоприёмниках до появления электронных ламп.

3. Дисульфиды – соединения катиона с анионной группой $[S_2]^{2-}$.

Арсенопирит (мышьяковый колчедан). FeAsS. Блеск металлический, цвет оловянно-белый. Твёрдость 5,5- 6. Хрупкий, излом неровный. При ударе издаёт резкий чесночный запах. Арсенопирит образуется гидротермальным и пневматолитовым путем, иногда в зонах контактового метаморфизма. Арсенопирит – основное сырьё для получения мышьяка и его соединений. Попутно из него извлекаются полезные примеси (кобальт и никель).

Марказит. FeS_2. Цвет латунно-жёлтый. Спайность от несовершенной до ясной. Твердость 6-6,5. Эндогенный марказит встречается в низкотемпературных гидротермальных месторождениях. Гипергенный марказит образует натёки и секреции.

Пирит (железный, или серный, колчедан). FeS_2. Цвет латунно-жёлтый до золотисто-жёлтого. Твёрдость 6-6,5. Парамагнетик. Спайность весьма несовершенная. Излом неровный или раковистый, у плотных агрегатов зернистый. Генезис может быть гидротермальным, в результате осаждения сероводорода. Кроме того пирит в небольших количествах образуется при магматических процессах. Пирит используется для получения серной кислоты, кобальта, в значительной мере селена и таллия, серы и железного купороса.

4. Сложные сульфиды (сульфосоли).

Пирротин (магнитный колчедан). Fe_nS_{n+1}. Цвет бронзово-жёлтый. Спайность несовершенная. Твердость 3,5-4,5. Пирротин образуется в основных, реже в гидротермальных, контактово-метасоматических породах. Встречается также в метеоритах. Обладает магнитными свойствами. Хорошо проводит электричество. Используется для получения железа и серной кислоты.

При эксплуатации нефтегазовых скважин соединения FeS и FeS_2 могут возникнуть при соединении Fe из пластовых вод с H_2S, выделяемом сульфатвосстанавливающими бактериями. Эти соли выпадают в осадок на оборудовании и трубах, осложняя эксплуатацию. Бороться с отложением этих солей можно путем использования реагентов, ингибиторов, 5-15%-ой HCl и бактерицидов.

Оксиды и гидроксиды

К классу оксидов и гидроксидов относятся минералы, образованные соединениями металлов и полуметаллов с кислородом (оксиды), с гидроксильной группой OH и/или водой (гидроксиды). Такие минералы очень широко распространены в природе, составляя 5% веса литосферы и около 17% земной коры. Самым широким распространением пользуются оксиды и гидроксиды кремния Si (12,6%) и железа Fe (4%), затем по убывающей – Al, Mn, Ti, Sn и др. По этой причине минералы разделяются на оксиды и гидроксиды кремния и оксиды и гидроксиды металлов.

В химическом отношении рассматриваемые минералы делятся на простые и сложные оксиды. В последних наблюдаются довольно широкие изоморфные замещения.

Физические свойства этих минералов изменяются в очень широких пределах, часто являются непостоянными. Оксиды и гидроксиды используются как руды, строительное сырье, драгоценные и поделочные камни.

Кварц. SiO_2. Это один из самых распространённых минералов в земной коре, породообразующий минерал большинства магматических и метаморфических пород. Свободное содержание в земной коре 12%. В общей сложности массовая доля кварца в земной коре более 60%. В чистом виде кварц бесцветен или имеет белую окраску. Элементы-примеси и микроскопические включения других минералов придают ему самую разнообразную окраску: бесцветный горный хрусталь, непрозрачный чёрный морион (рис. 21), полупрозрачный темный раухтопаз (дымчатый кварц), фиолетовый аметист, жёлтый цитрин и т.д. Блеск стеклянный, излом неровный или раковистый, спайность отсутствует, твердость 7. Кварц кристаллизуется из магмы кислого состава; образуется при метасоматозе, гидротермальном процессе. Ценное минеральное сырьё: используется в оптических приборах, в генераторах ультразвука, в телефонной и радиоаппаратуре (как пьезоэлектрик). В больших количествах потребляется стекольной и керамической промышленностью. Также применяется в производстве кремнезёмистых огнеупоров и кварцевого стекла. Многие разновидности используются в ювелирном деле.

Халцедон. SiO_2. Это полупрозрачная скрытокристаллическая тонковолокнистая разновидность кварца. Цвет самый разный, чаще от

белого до медово-жёлтого. Твёрдость 6,5-7. Имеет много разновидностей, окрашенных в различные цвета: красноватый карнеол желтоватый сердолик, красновато-коричневый сардер, зеленоватый хризопраз, голубоватый сапфирин, непрозрачный тёмно-зелёный с ярко-красными пятнами или полосами гелиотроп, полосчатый агат и оникс (рис. 16). Образуется из поствулканических гидротермальных растворов. Халцедон образуется в виде натечных масс, желваков, конкреций, прожилок (рис. 18). Цветные халцедоны – ювелирно-поделочные камни.

Опал. $SiO_2 \cdot nH_2O$. Это минералоид, аморфный кремнезём (гидрат диоксида кремния). Окраска бывает различна. Обладает люминесценцией. В зависимости от свойств: цвета, блеска, прозрачности, твёрдости, примесей различают довольно значительное число разновидностей опалов: бесцветный гиалит (молочный опал), чисто белый кахолонг и т.д. Для благородных опалов характерен радужный перелив цветов – опалесценция. По происхождению осадочный, гипергенный или низкотемпературно-гидротермальный. Из рассеянных мелких частиц опала состоят горные породы диатомит, трепел и опока. Опал нередко образует псевдоморфозы. Пористые разности, образовавшиеся из горячих источников, называются кремнистым туфом. Используется опал как драгоценный и поделочный камень. Состоящие из опала диатомит, трепел и опока – сырье для цемента, наполнителей и других строительных материалов.

Гематит (красный железняк, железный блеск). Fe_2O_3. Разновидности гематита: чешуйчатая железная слюдка, красная стеклянная голова («кровавик»), листоватая железная роза. Цвет гематита чёрный до тёмно-стального в кристаллах и вишнёво-красный. Блеск полуметаллический до металлического у кристаллов. Твёрдость 5,5-6,5. Спайности нет, излом полураковистый или ступенчато-раковистый у кристаллических разностей и неровно-занозистый у скрытокристаллических. Генезис может быть магматическим, гидротермальным, метаморфическим, гипергенным. Часто является причиной красной и бурой окраски многих осадочных горных пород. Это одна из главнейших железных руд. Из гематитовых руд выплавляют чугун. Гематит применяется в живописи как минеральный пигмент, в производстве клеёнки, линолеума, красных карандашей, художественных шрифтов, стойких окрашенных эмалей; а также как поделочный камень.

Магнетит (магнитный железняк). $FeO \cdot Fe_2O_3$ (Fe_3O_4) Цвет чёрный. Блеск обычно металлический, но иногда бывает жирно-смоляной или матовый. Твёрдость 5,5-6. Иногда наблюдается несовершенная спайность. Излом раковистый или неровно-ступенчатый. Имеет магнитные свойства. Образуется магматическим и метаморфическим путем. Важная железная руда (72,4% железа). Изделия из плавленого магнетита используют в качестве электродов для некоторых электрохимических процессов.

Корунд. Al_2O_3. Цвет широко варьирует от бесцветного и серого до различных оттенков красного, синего или фиолетового; блеск сильный металлический до матового. Твердость 9. При наличии тончайших рутиловых иголочек, ориентированных по его главным кристаллографическим направлениям, наблюдается эффект астеризма. В этих случаях говорят о «звёздчатых» корундах (рубинах, сапфирах). Корунд имеет следующие разновидности: красный рубин, синий сапфир, бесцветный лейкосапфир и др. Происхождение магматическое и метаморфическое. Используют как абразивный и огнеупорный материал, а также при изготовлении эмалей.

Крокоит. Pb [CrO_4]. Цвет яркий оранжево-красный. Твердость 2,5-3. Образуется в зоне окисления месторождений полиметаллических свинцово-цинковых руд, залегающих в ультаосновных породах. Крокоит не имеет самостоятельного промышленного применения и является спутником свинцовых руд, но благодаря своей редкости и красоте считается ценным коллекционным минералом.

Хромит. $FeCr_2O_4$. Цвет чёрный. Твёрдость 5,5-7,5. Блеск от металлического до полуметаллического. Генезис магматический. Образует большие скопления – хромиты, добываемые как важнейшая руда хрома.

Пиролюзит. MnO_2. Цвет черный или серо-стальной. Твердость 2-3,6. Спайность несовершенная. Излом неровный. Обладает полупроводниковыми и пьезоэлектрическими свойствами. Генезис гипергенный и гидротермальный. Пиролюзит применяется для выплавки ферромарганца, в производстве сухих батарей, химических препаратов, стекла и фарфора.

Лимонит (бурый железняк). $Fe_2O_3 \cdot H_2O$. Это агрегат гидроокисей трёхвалентного железа. В составе обычно преобладают скрытокристаллические формы минерала гётита FeO(OH). Является

составной частью многих разновидностей природных охр, используемых в качестве минеральных пигментов. Растворяется в соляной кислоте.

Гиббсит (гидраргиллит). $Al(OH)_3$. Цвет белый, серый. Блеск стеклянный до перламутрового. Спайность весьма совершенная. Твердость 2,5-3,5. Прозрачен. Образуется при выветривании алюмосиликатов, иногда — в ходе гидротермального процесса. Входит в состав бокситов, лучших алюминиевых руд.

Пирохлор. $(Na, Ca)_2(Nb, Ta, Ti)_2O_6(OH, F)$. Цвет кристаллов от желтого, коричневого до черного; блеск стеклянный. Спайности нет. Твердость 4-6. Радиоактивен. Магматического происхождения. При значительных скоплениях может использоваться как руда на Nb и Ta.

Сульфаты

Сульфаты являются сернистыми соединениями. Минералы группы сульфатов содержат серу в виде комплексного аниона $(SO_4)^2$. Гипс и ангидрит образуются путем осаждения солей из насыщенных бассейнов (моря, озера). Другие сульфаты, например барит, образуются в гидротермальных жилах из горячих водных растворов.

Гипс. $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Волокнистая разновидность гипса называется селенитом, зернистая – алебастром, бывает пластинчатым. Блеск стеклянный или шелковистый, спайность весьма совершенная (у пластинчатого), совершенная (у селенита). Цвет белый, серый, иногда красноватый. Волокнистые разности дают занозистый излом. Твёрдость – 2. В почвах аридной зоны формируются новообразования гипса: одиночные кристаллы, двойники («ласточкины хвосты»), друзы, «гипсовые розы» и т.д.

Волокнистый гипс (селенит) используют как декоративный и поделочный камень; алебастр – для получения строительного гипса, высокопрочного гипса, вяжущих материалов; а также в медицине и сельском хозяйстве (для понижения кислотности почв).

В процессе эксплуатации нефтегазовых скважин при смешивании несовместимых по составу вод, падении температуры и давления на забое, может образоваться гипс, выпадая в осадок на оборудовании и трубах (рис. 28). Можно снизить интенсивность отложения гипса, используя соленую воду (в которой гипс растворяется лучше, чем в пресной), соду и сульфатредуцирующие бактерии.

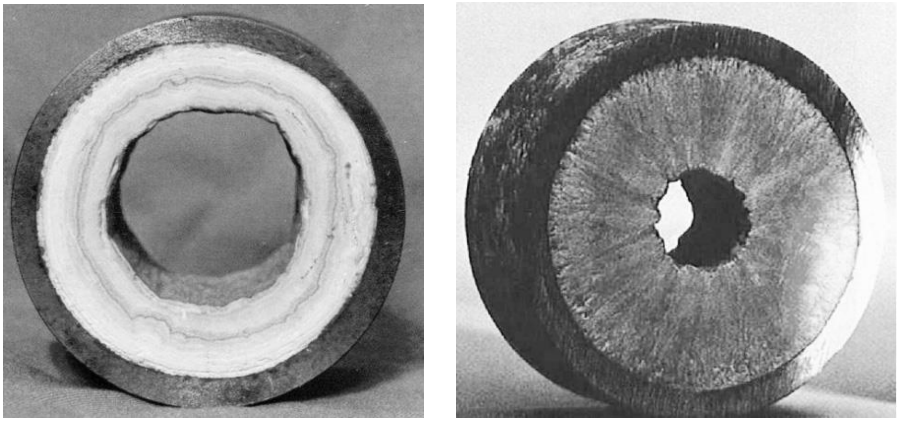


Рис. 28. Отложение неорганических солей в трубах.

Ангидрит. $CaSO_4$. Цвет белый, серый, буроватый и голубоватый. Твердость 3-3,5. Спайность совершенная и средняя. Отлагается хемогенным путем при температуре выше 42º, а также при обезвоживании гипса и гидротермальным путем. Цементное сырьё, удобрение, сырьё для получения серной кислоты, поделочный камень. Аналогично гипсу может создавать осложненные условия при эксплуатации нефтегазовых скважин.

Барит. $BaSO_4$. В чистом виде бесцветный или белый, но обычно окрашен примесями в самые разные цвета. Твердость 3-3,5, спайность совершенная и средняя. Происхождение главным образом гидротермальное. Прозрачные кристаллы барита используют в оптических приборах. Применяют для изоляции в химическом производстве. Служит сырьём для производства бариевых солей и белил, эмали, глазури. Широко применяется в качестве вещества, повышающего плотность буровых растворов. Аналогично гипсу и ангидриту может осложнять эксплуатацию нефтегазовых скважин.

Целестин. $SrSO_4$. Цвет белый, серый, голубой. Блеск стеклянный. Спайность совершенная. Твердость 3-3,5. Целестин может образоваться за счёт скелетов радиолярий, хемогенным путем при смешивании нефтяных вод с сульфатными, гидротермальным путем, при диагенезе. Он используется в пиротехнике, в стекольном и керамическом производстве, в черной металлургии, фармацевтике, как руда на стронций.

Мирабилит (глауберова соль). $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$. Обычно – бесцветный, реже цвет белый, желтовато-белый, зеленовато-белый. Твердость 1,5-2, Спайность совершенная. Блеск стеклянный. Имеет горький солёный вкус. Хорошо растворим в воде. Генезис хемогенный. Применяется в медицине, ценное сырьё для содовой, стекольной и лакокрасочной промышленности.

Карбонаты

Карбонатами называются соли угольной кислоты (H_2CO_3). Эти минералы очень широко распространены в верхней части литосферы. Их среднее содержание в земной коре составляет 2% от ее веса. Они делятся на безводные и водные.

1. Безводные карбонаты.

Кальцит (известковый шпат). $CaCO_3$. Широко распространенный породообразующий минерал (известняк, мел, мергель, мрамор, карбонатит), слагает раковины и кости организмов. В чистом виде кальцит белый или бесцветный, прозрачный (исландский шпат (рис. 27)). Известны кристаллы с многочисленными включениями битуминозного вещества, они имеют жёлтый или бурый цвет. Излом ступенчатый, твёрдость 3, спайность совершенная, блеск стеклянный до перламутрового. Прозрачные кристаллы обладают двупреломлением света (исландский шпат). Нередко образует псевдоморфозы по органическим остаткам. Вскипает при взаимодействии с разбавленной соляной кислотой (HCl). Кальцит легко выщелачивается водами, богатыми углекислотой. Благодаря этому его свойству формируются кавернозные известняки. При нагревании до 470°С или при повышенном давлении превращается в арагонит. При дальнейшем нагревании кальцит разлагается с образованием углекислого газа и извести, т.е. растворимость ухудшается. Широко применяется в строительстве, химическом производстве (сода), металлургии (флюс), сельском хозяйстве (известкование кислых почв), оптике.

Во время эксплуатации нефтегазовых скважин при смешивании несовместимых по составу вод и падении давления на забое, образуется кальцит и выпадает в осадок (рис. 28). Основной метод удаления кальцита с оборудования и призабойной зоны скважин – соляно-кислотные обработки (7-12% HCl).

Доломит. $CaMg(CO_3)_2$. Цвет серый, белый, буроватый. Спайность совершенная. Твердость 3,5-4. Растворяется в соляной кислоте при нагревании или в тонком порошке. Образуется путем химического осаждения в бассейнах аридной зоны, замещения известкового осадка магнезиальными солями при диагенезе и метасоматозе, а также гидротермальным путем. Доломиты способны закарстовываться. Доломиты применяют в металлургии (как сырьё для огнеупоров и как флюс), для производства стекла и глазури, белой магнезии; в строительстве (как облицовочный, бутовый камень и щебень, сырьё для производства вяжущих материалов), в сельском хозяйстве (для нейтрализации кислых почв). Доломиты используют для получения магния, производства минеральной ваты и теплоизоляционных изделий. Совместно с кальцитом может осложнять эксплуатацию нефтегазовых скважин.

Магнезит. $MgCO_3$. Цвет белый, серый. Спайность совершенная. Твердость 4-7. Образуется при метаморфизме, выветривании ультраосновных пород, а также гидротермальным путем. С разбавленными кислотами магнезит реагирует без вскипания. Магнезит используют для производства огнеупоров и вяжущих материалов, в химической промышленности. Также является рудой магния и его солей. Совместно с другими карбонатами может осложнять эксплуатацию нефтегазовых скважин.

Сидерит (железный шпат). $FeCO_3$. Цвет серый, бурый, желтоватый. Твердость 4,5. Спайность совершенная. Растворяется в минеральных кислотах. При окислении переходит в бурый железняк. Легко выветривается до лимонита. Различают сидерит гидротермального, седиментогенного (инфильтрационного и осадочного) и метаморфизованного происхождения. Один из важнейших минералов железных руд.

Родохрозит. $MnCO_3$. Цвет: розовый, красный, желтовато-серый, коричневый. Спайность совершенная. Твёрдость 3,5-4. Является сырьем для выплавки ферромарганца, а также используется для подшихтовки при выплавке чугуна и стали, применяется в химической промышленности. Иногда используется в качестве декоративного камня, в ювелирном деле.

Церуссит. $PbCO_3$. Цвет белый, бесцветный, сероватый или буроватый. Спайность несовершенная. Твердость 3,0-3,5. Образуется в зоне окисления сульфидов. Руда на свинец.

Анкерит. $Ca(Mg, Fe^{2+})[CO_3]_2$. Цвет белый, желтоватый, бурый, розовый, серый и голубой. Твердость 3,5. Растворяется в соляной кислоте при нагревании или в тонком порошке. Генезис метаморфический, гидротермальный, метасоматический, диагенетический. Очень часто ассоциирует с сидеритом.

2. Водные карбонаты.

Азурит. $Cu_2Cu[CO_3]_2(OH)_2$. Цвет синий. Твердость 3,5-4. Спайность совершенная. Образуется при окислении сульфидов меди. При дальнейшем окислении переходит в малахит. Может быть сырьем на медь и для приготовления синей краски.

Малахит. $Cu_2(OH)_2[CO_3]$ или $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$. Цвет зеленый (от травяно- и бирюзово-зелёного до чёрно-зелёного). Твердость 3,5-4. Образуется в зоне окисления медных месторождений (рис. 18). Ювелирно-поделочный камень. Скопления порошковатого малахита имеют значение как медная руда.

Силикаты и алюмосиликаты

К классу силикатов относится наибольшее число минералов, слагающих литосферу. Они составляют около 90% массы вещества земной коры. По распространенности на долю силикатов приходится более 75% всех минералов. Силикаты являются главными породообразующими минералами многих горных пород, особенно пород магматического и метаморфического происхождения. В структуре силикатов каждый ион кремния Si^{4+} находится в окружении четырех ионов кислорода O^{2-}.

1. Островные силикаты имеют изолированные тетраэдры $[SiO_4]^{4-}$ или изолированные пары тетраэдров $[Si_2O_7]^{6-}$.

Оливин (перидот). $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$. Член непрерывной изоморфной серии форстерит — фаялит: форстерит 0–10, оливин 11-30, гиалосидерит 31-50, гортонолит 51-70, ферригортонолит 71-90, фаялит 91-100. Цвет зеленый, черный. Твердость – 6,5- 7. Излом раковистый. Спайность несовершенная. Происхождение магматическое. Оливин - типичный глубинный высокотемпературный минерал. Он распространен во многих видах метеоритов, в мантийных породах, в магматических и высокотемпературных метаморфических и метасоматических породах. Оливин является самым распространённым минералом мантии до глубин около 400 км. Кристаллы оливина (хризолит) используются в ювелирном деле.

Гранаты. Обширная группа близких по строению и свойствам минералов. Общая формула $R^{2+}_3R^{3+}_2(SiO_4)_3$, где R^{2+} = Ca, Fe, Mg, Mn, а R^{3+} = Al, Fe, Cr, Mn. К самостоятельным минеральным видам относятся следующие представители группы гранатов: пироп $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$, рубиново-красный или малиновый, разновидность родолит розового цвета; альмандин $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ темно-красный, бурый; спессартин $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$ оранжевый; гроссуляр $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$ светло-зеленый; андрадит $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$ черный, темно-бурый; уваровит $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$ ярко-зеленый. Разновидности: гессонит – Fe-гроссуляр красного цвета, меланит – Ti-андрадит, шорломит – обогащенная Ti разновидность черного цвета, демантоид – прозрачная зелёная до зеленовато-желтой разновидность андрадита. Твёрдость 6,5 - 7,5. Спайность отсутствует. Излом неровный до полураковистого. Генезис магматический и контактово-метасоматический. Применяются как драгоценные камни и в качестве абразивного материала.

Кианит (дистен). $Al_2O(SiO_4)$. Цвет синий, зелёный, жёлтый, фиолетовый, бесцветный или почти чёрный. Твёрдость поперечная - 7, продольная - 4,4. Блеск перламутровый до стеклянного. Кианит образуется метаморфическим путем, в контактных зонах пегматитов. Применяется как ценное высокоглинозёмистое сырье для огнеупорных и кислотоупорных изделий, изоляторов свечей для двигателей внутреннего сгорания и др.

Топаз. $Al_2[SiO_4](F, OH)_2$. Цвет от коричнево- и винно-желтого до голубого, розового, золотистого, оранжевого и красновато-оранжевого (редко); чаще - бесцветный. Встречаются полихромные топазы, когда разные участки или зоны одного кристалла имеют разную окраску. Твердость 8. Спайность совершенная. Излом раковистый. Блеск сильный, стеклянный, перламутровый. Генезис магматический и пневматолито-гидротермальный. Используется как абразивный материал и в ювелирном деле.

Сфен (титанит). $CaTi[SiO_4](O, OH, F)$. Бесцветный, медово-жёлтый, золотисто-коричневый, светло- или тёмно-бурый, розовый, реже оливково- или травяно-зелёного, синеватого цвета. Твердость 5-5,5. Блеск сильный стеклянный до алмазного, у тёмных разновидностей в изломе жирный до смоляного. Происхождение магматическое. Потенциальное сырьё на Ti, Ta, Nb, Y.

Эпидот. $Ca_2 \cdot (Fe^{3+}, Al)\ Al_2O(OH)\ [SiO_4]\ [Si_2O_7]$. Цвет травяно-зелёный, реже вишнёво-красный и чёрный. Твердость 6-7. Спайность совершенная. Блеск стеклянный, реже смоляной. Образуется в гидротермальных жилах, характерный метаморфический минерал.

Цоизит. $Ca_2Al_3(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$. Цвет – серый, жёлтый, синий, розовый, зелёный. Твердость – 6-6,5. Блеск – стеклянный Спайность совершенная. Излом неровный. Происхождение метаморфическое. Используется как ювелирно-поделочный камень.

2. Кольцевые силикаты имеют структуру, в которой группы $[SiO_4]^{4-}$ соединяются общими ионами кислорода в кольца.

Берилл. $Al_2Be_3[Si_6O_{18}]$. В зависимости от цвета и прозрачности: собственно бериллы – зелёные; аквамарин — прозрачные, зеленовато-голубые, а также тёмно-голубые кристаллы; гелиодор — жёлтый; изумруд (смарагд) — прозрачные кристаллы густого травяно-зелёного цвета; ростерит — бесцветный, розоватый; воробьевит (морганит) — розовый. Твердость 7,5. Спайность несовершенная. Генезис пневматолито-гидротермальный, метасоматический. Берилл – один из главных минералов бериллиевых руд. Прозрачные красиво окрашенные или бесцветные кристаллы используются как драгоценные камни высокого достоинства.

Турмалин. Общая формула $XY_3Z_6(Si_6O_{18})\ [BO_3]_3(OH, F)1+3$, где X – Na, Ca; Y – Mg, Fe^{2+}, Mn, Al, Li, Cr, V и др.; Z — Al, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Cr, Mg и др. Цвет: голубовато-чёрный переходящий в чёрный, иногда коричневато-чёрный, редко зеленовато-чёрный. Твердость 7-7,5. Блеск стеклянный. Спайность отсутствует. Излом неровный, близкий к раковистому. Обладает двойным преломлением лучей света и дихроизмом в высокой степени совершенства. Турмалины обладают пиро- и пьезоэлектрическими свойствами. Генезис магматический и гидротермальный. Используется в ювелирном деле и как ценное пьезоэлектрическое сырьё.

Эвдиалит (саамская кровь, лопарская кровь). $Na_2Ca_6Fe_3Zr_3[Si_3O_9]_2[Si_9O_{24}(OH)_3]_2$. Цвет малиновый, густо розовый до желтовато- и коричневато-красного, реже красновато-бурый. Блеск стеклянный. Излом - неровный, раковистый. Спайности обычно нет. Твердость 5-6. Генезис магматический. Эвдиалит может использоваться в чёрной металлургии (как модификатор сталей), в огнеупорной керамике, как поделочный камень и потенциальное циркониевое сырьё.

3.Цепочечные силикаты (пироксены) образованы присоединенными друг к другу тетраэдрами в виде бесконечных цепочек $[Si_20_6]^{4-}$.

Авгит. (Ca, Mg, Fe_2^+, Fe_3^+, Al, Ti) 2[(Si, $Al)_2O_6$]. Цвет чёрный с буроватым или зеленоватым оттенком, иногда тёмно-зелёный. Твердость 5-6. Спайность средняя. Происхождение магматическое.

Эгирин. NaFe $[Si_2O_6]$. Цвет от зелёного до зеленовато-чёрного. Блеск стеклянный. Твердость – 5,5-6. Спайность средняя. Излом – раковистый. Генезис магматический.

Диопсид. Ca(Mg, Fe)$[Si_2O_6]$. Цвет светло- и тёмно-зелёный. Ювелирные разновидности: хромдиопсид (изумрудно-зелёный), виолан (синий), лавровит (яблочно-зелёный). Твердость 5,5-6. Спайность совершенная. Блеск стеклянный. Излом неровный, ступенчатый. Генезис как магматический, так и метаморфический.

Геденбергит. CaFe$[Si_2O_6]$. Цвет от темно-зеленого до черно-зеленого и почти черного. Твердость 5,5-6. Спайность ясная. Происхождение контактово-метаморфическое, магматическое.

Жадеит. $NaAlSi_2O_6$. Цвет белый, серый, зелёный, реже жёлтый, коричневый, розовый и красный. Твердость 7. Спайность несовершенная. Блеск жирный, иногда с перламутровым отливом. Происхождение метаморфическое и метасоматическое. Применяется в качестве поделочного камня.

Родонит. CaMn 4$[Si_5O_{15}]$. Цвет – розовый, вишнёво-розовый или малиновый, иногда с переходом в буроватый. Твердость 5-5,5. Блеск стеклянный. Спайность совершенная. Излом неровный. Образуется при метаморфизме, на контактах известняков с гранитоидами или по трещинам в известняках. Используется как поделочный и облицовочный материал (станция «Маяковская» Московского метрополитена, один из залов в Большом Кремлевском дворце).

Чароит. (K, Ba, Sr) $(Ca, Na)_2$ $[Si_4O_{10}]$ $(OH, F) \cdot H_2O$. Цвет фиолетовый, сиреневый, светло-коричневый. Твердость 6-7. Спайность средняя. Блеск перламутровый. Единственное в мире месторождение чароита находится в России. Происхождение метасоматическое, возможно магматическое. Применяется как поделочный.

4. Ленточные силикаты (амфиболы) образованы присоединенными друг к другу тетраэдрами в виде лент с радикалом $[Si_4O_n]^{6-}$, в некоторых ленточных силикатах Si^{4+} замещен на $A1^{3+}$ с образованием алюмосиликатных радикалов типа $[(Si,Al)_4 0_{11}]^{6-}$.

Роговая обманка (амфибол). $Ca_2(Mg,Fe,Al)_5(Al,Si)_8O_{22}(OH)_2$. Цвет – чёрный, тёмно-зелёный. Твердость 5-6. Спайность совершенная. Блеск стеклянный с «роговым» отливом. Излом занозистый. Образует многие магматические и метаморфические породы. При выветривании переходит в глинистые минералы, лимонит, карбонаты.

Актинолит. $Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$. Цвет зеленый разных оттенков. Твердость 5,5-6. Спайность совершенная. Образует лучистые, шестоватые и асбестовидные волокнистые агрегаты (актинолит-асбест), реже плотные спутанно-волокнистые массы — нефрит. Типичный метасоматический и регионально- и контактово-метаморфический минерал. Применяется как наполнитель резины для автопокрышек, иногда как поделочный камень.

Тремолит. $Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2(OH, F)_2$. Цвет белый, жемчужно-серый, при вхождении Fe^{2+} зеленоватый. Твердость 5,5-6. Спайность совершенная. Блеск стеклянный, шелковистый. Происхождение метаморфическое.

Глаукофан. $Na_2Mg_3Al_2(OH)_2[Si_8O_{22}]$. Цвет темно-синий, либо бесцветный. Твердость 5,5—6,5. Спайность совершенная. Асбестоподобная разновидность глаукофана — родусит. Происхождение метаморфическое.

5. Слоистые силикаты и алюмосиликаты *слоистой,* или *листовой, структуры*-состоят из кремнекислородных $[Si_4O_{10}]^{4-}$ или алюмокислородных $[(Si,Al)_4O_{10}]$ слоев, в которых тетраэдры связаны тремя общими вершинами.

Тальк (жировик, мыльный камень). $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$. Цвет белый, реже зелёный. Твердость 1. Спайность весьма совершенная. Блеск жирный, перламутровый. Жирный на ощупь. Обычно встречается в природе в виде плотных листоватых или зернистых агрегатов. Происхождение гидротермальное, метаморфическое. Используется как присыпка, наполнитель в резиновой, бумажной, лакокрасочной и других отраслях промышленности (в медицинской и парфюмерно-косметической); в пищевой промышленности зарегистрирован в качестве пищевой добавки E553b.

Серпентин (змеевик). $Mg_3[Si_2O_5](OH)_4$. Цвет зелёный различных оттенков, иногда белый, желтоватый, голубоватый и даже лилово-синий (хризотил-асбест). Твердость 2,5-3,5 (у асбестов 2-3). Спайность весьма совершенная; характерны блестящие «зеркала скольжения». Блеск тусклый, шелковистый, стеклянный до воскового (серпофит) и перламутровый (офит). Излом ровный, раковистый или занозистый (асбесты). Образование метаморфическое (серпентинизация), а также при химическом выветривании. Источник получения Ni; благородный серпентин (офит) – декоративно-поделочный камень; некоторые серпентины используются как облицовочный материал.

Хлорит. $(Mg,Fe)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot (Mg,Fe)_3(OH)_6$. Цвет-зелёный до зеленовато-чёрного. Твердость 2-3. Спайность совершенная. Блеск стеклянный, перламутровый. Излом ступенчатый, ровный, занозистый, скорлуповатый, раковистый. Генезис метаморфический, метасоматический, гидротермальный.

Гарниерит. $(Ni,Mg)_4Si_6O_{15}(OH)_2 \cdot 6H_2O$. Цвет от яблочно-зелёного до зеленовато-жёлтого. Твердость 2,5-3,5. Спайность отсутствует. Блеск матовый. Иногда жирный на ощупь, липнет к мокрым предметам. Образуется при химическом выветривании. Являясь рудой никеля, применяется для легирования стали.

Мусковит. $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$. Цвет белый, серый, серебряный, коричневатый, бледно-зелёный, ярко-зеленый – фуксит. Мелкочешуйчатый агрегат – серицит. Твердость 2-3. Спайность весьма совершенная. Блеск стеклянный. Генезис магматический, гидротермальный. Ценное сырьё для электро- и радиопромышленности (изолятор), в размолотом виде применяется также в строительной, химической, резинотехнической и фарфоровой промышленности.

Биотит. $K (Mg, Fe)_3[Si_3AlO_{10}] [OH, F]_2$. Цвет от черновато-бурого до буро-зелёного. Твердость 2,5-3. Спайность весьма совершенная. Блеск стеклянный. Магматического происхождения. Применяется для изготовления смазок, бронзовой краски, в оптическом приборостроении, в производстве электроизоляционных материалов, декоративных типов цемента.

Флогопит. $KMg_3[Si_3AlO_{10}] \cdot [F,OH]$. Бесцветный, серебристый, серый, белый, светло-желтый, бурый, темно-бурый. Твердость 2,5-3. Спайность совершенная. Блеск перламутровый. Происхождение

флогопита магматическое, метаморфическое, метасоматическое. Применяется в электротехнической промышленности (изолятор).

Асбест. $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$. Существует два основных типа асбестов хризотил-асбест (белый асбест) и амфибол-асбест. Хризотил-асбест – основной вид асбеста, применяемый в промышленности. Цвет золотисто-жёлтый, зелёный до чёрного, в распушённом состоянии белый. Твердость 2-2,5. Спайность весьма совершенная. Блеск шелковистый. Генезис гидротермально-метасоматический. Асбест обладает высокой огнестойкостью, поэтому применяется в строительстве, текстильной и бумажной промышленности.

Каолинит. $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$. Цвет белый, иногда с голубоватым или бурым оттенком. Твердость 1-1,5. Спайность весьма совершенная. Блеск землистый. Происхождение гипергенное. Применяется для производства бумаги, потенциальный источник Al.

Волконскоит. $CaO_3(Cr,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_24H_2O$. Цвет от изумрудно-зелёного, травянисто-зеленоватого до грязно-зелёного, желтоватый. Твердость 1,5-2. Спайность совершенная. Блеск жирный, матовый. Жирный на ощупь. Происхождение гипергенное. Применяется как пигмент, адсорбент при очистке и рафинировании масел, как пермутит для устранения жёсткости воды.

Монтмориллонит. $(Na,Ca)_{0,33}(Al,Mg)_2(Si_4O_{10})(OH)_2 \cdot nH_2O$. Цвет белый, серый, бурый. Твердость 1,5-2,5. Спайность весьма совершенная. Блеск матовый. Жирный на ощупь. Образуется осадочным путём (глины), при выветривании вулканического пепла и стекла, реже гидротермальным способом. Монтмориллонитовые глины (бентонит) используются в производстве цемента, керамики, кирпича, для приготовления буровых растворов, в качестве сорбентов, красителей, очистителей, отбеливающих и моющих материалов.

Глауконит. $(K, H_2O)\ (Fe^{3+},Al,Fe^{2+},Mg)_2[Si_3AlO_{10}](OH)_2 \times nH_2O$. Цвет зелёный различных оттенков. Твердость 2-3. Обладает высокими катионнообменными свойствами. Образуется при диагенезе осадков, а также в почвах и корах выветривания. Применяется для изготовления минеральных масел и красок, отбеливающих веществ, как сорбент, для производства декоративного бетона и цемента, в стекольной промышленности.

Хризоколла. $(Cu, Al)_2H_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot nH_2O$. Цвет – синий, голубой, зелёный. Твердость 2-4. Спайность отсутствует. Блеск

стеклянный, восковой, жирноватый. Излом раковистый. Образуется в зоне окисления медных месторождений.

6. Каркасные силикаты имеют непрерывный трехмерный каркас из алюмо- и кремнекислородных тетраэдров со сложным общим радикалом типа $[Si_3A10_8]^-$ или $[Si_2Al_2O_5]^-$ и др.

Ортоклаз (калиевый полевой шпат). $K(AlSi_3O_8)$. Цвет - светло-розовый, буровато-жёлтый, иногда красный. Твердость 6-6,5. Спайность совершенная. Блеск стеклянный. Излом неровный, ступенчатый. Образуется магматическим и метаморфическим путем. Используется в качестве сырья в стекольной и керамической промышленности.

Микроклин. $(K,Na)AlSi_3O_8$. Цвет белый, серый, желтоватый, розоватый и мясо-красный, иногда зелёный или голубовато-зелёный (амазонит). Твердость 6-6,5. Спайность совершенная. Блеск стеклянный. Бесцветные прозрачные и полупрозрачные микроклины иногда обладают голубоватой иризацией — лунный камень, с мельчайшими включениями гематита – солнечный камень. Излом неровный, занозистый. Происхождение – магматическое, метаморфическое, метасоматическое, гидротермальное. Используется как поделочный камень.

Плагиоклазы, это группа минералов ряда альбит $NaAlSi_3O_8$ - анортит $CaAl_2Si_2O_8$. Они представляют собой непрерывный изоморфный ряд натриево-кальциевых алюмосиликатов: альбит (An 0-10%) – олигоклаз (An 10-30%) – андезин (An 30-50%) – лабрадор (An 50-70%) – битовнит (An 70-90%) – анортит (An 90-100%). Цвет от белого до черного. Твердость 6-6,5. Происхождение магматическое и метаморфическое. Иризирующие голубоватым, синим и золотистым цветом олигоклазы (лунный камень) и лабрадор находят применение как поделочные камни.

Фельдшпатоиды – каркасные алюмосиликаты, близкие к полевым шпатам, но содержат меньше кремния.

Нефелин. $(Na,K)AlSiO_4$. Цвет серый, грязно-зелёный, мясо-красный, бурый, реже бесцветный. Твердость 5,5-6. Спайности нет. Блеск жирный. Кристаллизуется из щелочных магм. Используется для получения глинозёма с попутным производством соды, поташа, силикагеля, белитовых шламов (сырья для высококачественных цементов); в стекольной и кожевенной промышленности; а также как удобрение для кислых почв.

Лазурит. $Na_6Ca_2(AlSiO_4)_6(SO_4,S,Cl)_2$. Цвет от синего до голубовато-серого или зеленовато-серого. Твёрдость 5,5. Спайность несовершенная. Блеск стеклянный. Растворяется в HCl с выделением H_2S. Происхождение контактово-метаморфическое. Используется как поделочный камень и сырье для пигмента ультрамарин (ляпис-лазурь).

Фосфаты

Фосфаты – минералы, представленные солями ортофосфорной (H_3P0_4) кислоты.

Апатит. $Ca_5[PO_4]_3(F, Cl, OH)$. Цвет бледно-зеленоватый, голубой, желто-зеленый или розовый. Твердость 5-5,5. Спайность несовершенная. Блеск стеклянный. Излом неровный, раковистый. Образуется в щелочных магмах, а также биохимическим путем. Апатит является сырьём для получения фосфора, его применяют для производства удобрений, в металлургии, в стекольно-керамической отрасли.

Вивианит (синяя земля, керченит). $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$. Цвет зелёный, голубой, тёмно-зелёный, голубовато-зелёный. Твёрдость 2. Спайность совершенная. Блеск стеклянный. Легко растворим в соляной кислоте. Гипергенный минерал, образуется в восстановительных условиях. Используется как декоративный материал и как пигмент для приготовления синей краски (индиго).

Вольфраматы

Вольфраматы – минералы соли вольфрамовой кислоты H_2WO_4.

Вольфрамит. $(FeMn)WO_4$. Цвет буро-чёрный. Твердость 5-5,5. Спайность совершенная. Блеск металлический, полуметаллический, жирный, смолистый и алмазный. Происхождение гидротермальное. Руда вольфрама, используемого для улучшения свойств стали, для изготовления особо прочных инструментов и брони, измерительных приборов и некоторых красителей.

Шеелит. $Ca[WO_4]$. Бесцветный, белый с желтоватыми и сероватыми оттенками, реже коричневый, оранжевый, зелёный. Твердость 3,5-4,5. Спайность средняя. Блеск алмазный или жирный. Растворяется в азотной и соляной кислотах с выпадением желтоватого осадка вольфрама. Генезис контактово-метаморфический. Руда на вольфрам.

Хлориды

Хлориды являются солями хлорводородной (соляной) кислоты HCl. Известно порядка 100 минеральных видов хлоридов, при этом в этот класс включаются и малочисленные природные бромиды и йодиды. Хлориды имеют невысокую твердость, светлую окраску, пластичны, многие хорошо растворимы в воде и сильно гигроскопичны. Генезис хемогенный (самосадочный, возгонка).

Галит (каменная соль). NaCl. Цвет от бесцветного до белого, светло- и тёмно-голубого, жёлтого и розового. Твердость 2. Спайность совершенная. Блеск стеклянный. Легко растворим в воде, характерен солёный вкус. Обладает слабой электропроводностью и высокой теплопроводностью, диамагнитен. Генезис хемогенный. Используется для получения пищевой (поваренной) соли, соды, хлора, соляной кислоты, нашатыря, металлического натрия, как антисептик.

Галит может осложнять эксплуатацию обводненных нефтегазовых скважин при смешивании несовместимых по составу вод, пересыщении раствора соленых пластовых вод при падении давления. Он выпадает в осадок на оборудовании, трубах (рис. 28), в системе транспортировки и сбора жидкости, в призабойной зоне пласта. Для борьбы с образованием и отложением галита применяют различные скребки для очистки труб, промывку пресной водой, закачку в пласт совместимых минерализованных вод и ингибиторов солеотложения, повышают температуру для увеличения растворимости, используют специальные покрытия на внутреннюю поверхность труб (эпоксидная смола, эмаль, стеклопластик) и другие методы.

Сильвин (калийная соль). KCl. Бесцветный, нередко красный и синий. Твердость 2. Спайность совершенная. Блеск стеклянный. Легко растворим в воде, имеет горько-солёный вкус. Обладает сильной гигроскопичностью. Генезис хемогенный. Используется для получения калия, производства удобрений.

Карналлит. $KMgCl_3 \cdot 6H_2O$. Обычно бесцветен, от примесей – до красно-коричневой окраски. Твердость 2,5. Сильно гигроскопичен. Легко растворим, имеет горький привкус. Происхождение хемогенное. Сырьё для калийных удобрений, важный источник K, Mg, Br.

Фториды

Флюорит (плавиковый шпат). CaF_2. Цвет желтый, голубой, фиолетовый, иногда фиолетово-черный. Бывает зонально окрашенным. Твёрдость 4. Спайность совершенная. Блеск стеклянный. Растворим в концентрированной соляной кислоте с выделением HF, разъедающей стекло. Флюорит люминесцирует и флюоресцирует (от названия этого минерала). При нагревании в темноте светится. Происхождение гидротермальное. Используется в металлургии в качестве флюса, в химической промышленности источник фтора, в керамическом производстве для изготовления эмалей и глазурей, в оптике для изготовления линз.

Задание №8

По индивидуальным образцам необходимо диагностировать минералы и заполнить таблицу.

Оборудование – коллекция минералов шкалы Мооса, коллекция минералов, стеклянные пластинки, керамические пластинки (бисквит), 10%-ный раствор соляной кислоты, лупа, стальная игла, компас, медная монета, конспекты лекций, учебные пособия.

Таблица

Диагностические свойства минералов (пример)

свойства	минерал	
	магнетит	*кальцит*
хим. состав	Fe_3O_4	$CaCO_3$
огранка	*октаэдр*	*отсутствует*
структура	*изометр., среднезерн.*	*изометр., крупнозерн.*
текстура	*вкраплено-пятнистая*	*массивная*
цвет	*черный*	*серо-желтый*
цвет черты	*черный*	*белый*
блеск	*полуметаллический*	*стеклянный*
твердость	*5*	*3*
спайность	*несовершенная*	*совершенная*
прочие свойства	*сильно магнитен*	*бурно реагирует с HCl*
применение	*руда на железо*	*флюс, известь*

Выполнил: *Проверил:*

Работу следует начинать с определения внешних показателей и свойств выданного минерала, записывая результаты в таблицу. После описания нужно, пользуясь ключом (Приложение) и текстом главы 2.4, выяснить название минерала, его состав и применение.

Задание №9

По индивидуальным образцам описать минеральный агрегат и заполнить таблицу.

Оборудование – коллекция минералов шкалы Мооса, коллекция штуфов и шлифов горных пород, стеклянные пластинки, керамические пластинки (бисквит), 10%-ный раствор соляной кислоты, лупа, стальная игла, компас, медная монета, поляризационный микроскоп, конспекты лекций, учебные пособия.

Таблица

Минеральный состав агрегата

свойства	*минеральный агрегат / горная порода / парагенезис*		
	минерал 1	*минерал 2*	*минерал 3*
хим. состав			
структура			
текстура			
цвет			
блеск			
твердость			
спайность			
прочие свойства			
содерж. в образце, %			
включения			
применение			

Выполнил: *Проверил:*

Работу следует начинать с описания и определения породообразующих минералов по убывающей, потом указать включения. Затем нужно выяснить название агрегата (горной породы), его возможное применение.

3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

С образцами минералов и горных пород (штуфами и шлифами) следует обращаться аккуратно, ни в коем случае не ронять и не бросать их.

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

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

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. М.: КДУ, 2010. – 736 с.
2. Бондарев В.П. Основы минералогии и кристаллографии. М.: Высшая школа, 1978. – 192 с.
3. Булах А.Г. Минералогия с краткими сведениями по кристаллографии. Л., 1989. – 435 с.
4. Булах А.Г. Общая минералогия. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1999. – 356 с.
5. Буллах А.Г., Кривовичев В.Г., Золотарев А.А. Общая минералогия. М.: Академия, 2008. – 416 с.
6. Годовиков А.А. Минералогия. М.: Недра, 1983. – 647 с.
7. Добровольский В.В. Минералогия с элементами петрографии. М.: Просвещение, 1971. – 216 с.
8. Донахью М.О. Путеводитель по минералам для начинающих. Л.: Недра, 1985.
9. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия. М.: КДУ, 2005. – 589 с.
10. Каденская М.И. Руководство к практическим занятиям по минералогии и петрографии. М.: Просвещение, 1976.
11. Кузин М.Ф., Егоров Н.И. Полевой определитель минералов. М.: Недра, 1983. – 260 с.
12. Лебедева Н.Б. Пособие к практическим занятиям по общей геологии. М.: Изд-во МГУ, 1972. – 98 с.
13. Миловский А.В. Минералогия и петрография.- М.: Недра,1985. – 432 с.
14. Миловский А.В. Минералогия. М.: Изд-во МГУ. 1982. – 311 с.
15. Минералогическая энциклопедия / Под ред. К. Фрея: пер с англ.- Л.: Недра, 1985.
16. Музафаров В.Г. Определитель минералов, горных пород и окаменелостей. М.: Недра, 1979.
17. Немец Ф. Ключ к определению минералов и пород. М.: Недра, 1982.
18. Павлинов В.Н. и др. Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии. М.: Недра, 1988. – 149 с.
19. Попов Г.М., Шафрановский И.И. Кристаллография. М.: Госгеолтехиздат, 1955. – 296 с.

20. Потапов А.Д., Ананьев В.П. Основы геологии, минералогии и петрографии. М.: Высшая школа, 2008. – 400 с.
21. Речкалова, А.В. Инженерная геология. Определитель минералов и горных пород /А.В. Речкалова, С.Е. Денисов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 47с.
22. Савельева А.Д., Нарциссова П.В. Кристаллография и минералогия. Владимир: Владимирский гос. университет, 2003. – 72 с.
23. Фекличев В.Г. Диагностические константы минералов: Справочник. М.: Недра, 1989. – 479 с.
24. Филатова Е.В Минералы и горные породы.- М.: Центр-Планетариум, 2004.
25. Фисуненко О.П., Пичугин Б.В. Практикум по геологии. М.: Просвещение, 1977.
26. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фаддеев М.А. Кристаллография: Учебник для вузов. М.: Издательство Физико-математической литературы, 2000. – 496 с.
27. Шаскольская М.П. Кристаллы. М.: Наука, 1978. – 207 с.
28. Штрюбель Г., Циммер З.Х. Минералогический словарь. М.: Недра, 1987. – 494 с.
29. Шуман В. Мир камня. Горные породы и минералы.— М.: Мир, 1986. – 134с.

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

http://www.catalogmineralov.ru
https://ru.wikipedia.org
http://www.mining-enc.ru/m/mineral
http://finesell.ru/vse-kamni
http://pro-kamni.ru
http://wiki.web.ru
http://gems.minsoc.ru
http://www.webmineral.ru/minerals
и другие.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Краткий определитель минералов

Название, кристаллохимический класс	Главнейшие физические свойства: - цвет, черта, блеск, - спайность, твердость Другие отличительные особенности	Сингония. Форма минеральных зерен - индивидов и агрегатов
1	2	3
I группа. Минералы мягкие (с твердостью ниже 2,5); чертятся ногтем		
А. Минералы с металлическим блеском		
Графит, самородный элемент	Цвет железо-черный до темного, стально-серого, черта серовато-черная, блестящая, блеск металловидный, спайность весьма совершенная, тонкие листочки гибкие, но не упругие, твердость 1, пишет на бумаге, жирен на ощупь. Проводник электричества.	Гексагональная. Таблички и чешуйки, сплошные или землистые массы, реже кристаллы в виде шестиугольных пластинок
Б. Минералы с неметаллическим блеском		
Каолинит, слоистый силикат из подгруппы глинистых минералов	Цвет белый до серого, черта белая, спайность весьма совершенная, твердость 1…2,5, на ощупь жирный, в сухом состоянии легко поглощает влагу, в высушенном виде липнет к языку, во влажном состоянии образует пластическую массу. При выдыхании ощущается запах глины	Моноклинная. Обычны тонкодисперсные (<0,005 мм) плотные массы, также землистые, порошковатые и чешуйчатые агрегаты

1	2	3
Тальк слоистый силикат	Цвет белый или желтоватый, зеленоватый, серо-зеленый, черта белая, блеск перламутровый, спайность весьма совершенная, листочки гибкие, но не упругие, твердость 1, жирный на ощупь	Моноклинная. Листоватые, чешуйчатые крупные кристаллы – благородный тальк, или сплошные плотные массы – мыльный камень
Сера самородная, самородный элемент	Цвет серо-желтый; бурый и черный от включения битумов, черта светло-желтая, бесцветная, блеск жирный до алмазного, спайность несовершенная излом раковистый до неровного, твердость 1,5…2. Очень хрупкая, загорается в пламени свечи, горит синим пламенем, издавая резкий запах SO_2. При трении заряжается отрицательно	Ромбическая. Кристаллы усеченные дипирамиды; друзы, плотные массы, зернистые агрегаты, корки, налеты
Каменная соль (галит), галогенид - хлорид	Цвет белый, бесцветный, черта прозрачна или просвечивает, блеск стеклянный, спайность совершенная по кубу – раскалывается на кубики, твердость около 2. Растворяется в воде, вкус соленый	Кубическая. Кристаллы в виде кубов; обычны сплошные, плотные зернистые массы, сплошные пласты; реже корочки, налеты, выцветы

1	2	3
Гипс, сульфат	Цвет белый, иногда желтый или розоватый, красный (от примесей), черта белая, блеск стеклянный, у волокнистых разностей шелковистый. спайность весьма совершенная – у листоватых кристаллов, листочки гибкие, но не упругие; совершенная – у других кристаллов, твердость 2. Слабо растворим в воде	Моноклинная. Сплошной, зернистый, плотный, землистый, с матовым блеском - алебастр. Волокнистый с шелковым блеском - селенит. Кристаллы толсто-и тонкопластинчатые, очень крупные. Иногда двойники, напоминающие «ласточкин хвост», друзы
II группа. Минералы средней твердости (с твердостью выше 2,5 и ниже 5,5); не чертятся ногтем и не царапают стекло **А. Минералы с металлическим блеском**		
Медный колчедан (халькопирит), сульфид	Цвет латунно-желтый, часто покрыт пестрой побежалостью, черта черная с зеленоватым оттенком, спайность несовершенная, излом раковистый до неровного, твердость 3,5…4	Тетрагональная. Сплошные и плотные, зернистые массы; кристаллы редки. Важнейший рудный минерал для выплавления меди
Б. Минералы без металлического блеска		
Биотит, слоистый силикат	Цвет черный или черно-бурый, черта белая, блеск стеклянный, спайность весьма совершенная – легко расщепляется на тонкие, упругие и гибкие листочки, твердость 2…3	Моноклинная. Листоватые и чешуйчатые сплошные массы; кристаллы в виде тонких листочков, реже бочонковидные

1	2	3
Мусковит (белая калийная слюда), слоистый силикат	Цвет серебристо-белый, светло-желтый, светло-коричневый, иногда бесцветный, прозрачный, блеск перламутровый, спайность весьма совершенная –расщепляется на тонкие, гибкие и упругие листочки, твердость 2…3. Диэлектрик	Моноклинная. Листоватые и чешуйчатые сплошные массы; кристаллы в виде тонких листочков, иногда имеют псевдо-гексагональный облик
Глауконит, слоистый гидросиликат	Цвет зеленый разных оттенков, черта зеленая, блеск матовый, спайность весьма совершенная, твердость 2…3. Листочки не упругие	Моноклинная. Землистые, реже тонкочешуйчатые или зернистые массы. Мелкие округлые агрегаты в осадочных породах
Кальцит карбонат	Бесцветный, белый или светлоокрашенный (желтый, голубой), черта белая, спайность совершенная в 3 направлениях - легко разбивается на ромбоэдры, твердость 3. Прозрачная разновидность – исландский шпат, удваивает линии – двулучепреломление. Сильно вскипает от действия слабого раствора – 5…10 %-ой соляной кислоты	Тригональная. Часто кристаллы в виде ромбоэдров, скаленоэдров. Щетки и друзы. Сталактиты, сталагмиты, оолиты. Сплошные зернистые агрегаты (у мрамора), землистые (у мела) или тонкозернистые (у известняка, мергеля и др. осадочных пород)
Арагонит, карбонат	Цвет белый, желтоватый, серый, блеск стеклянный, спайность ясная в одном направлении, излом раковистый, твердость 3,4…5. Сильно вскипает от действия соляной кислоты	Ромбическая. Шестоватые, волокнистые, радиально-лучистые агрегаты, натечные, ветвистые формы, оолиты

1	2	3
Доломит, карбонат	Цвет белый, желтый, серый, светло-бурый за счет механических примесей, черта белая, спайность совершенная по ромбоэдру, твердость 3,5… 4. Вскипает от действия соляной кислоты только в порошке	Тригональная. Сплошные зернистые мраморовидные или плотные массы; пористые и землистые массы.
Магнезит, карбонат	Цвет белый, серый, желтый, черта белая, блеск часто шелковистый и матовый у плотных агрегатов, спайность совершенная в 3 направлениях как у кальцита, твердость 3,5…4,5. Вскипает от нагретой соляной кислоты	Тригональная. Грубозернистые мраморовидные метаморфического генезиса или плотные фарфоровидные, скрытокристалличес кие массы осадочного генезиса
Барит, сульфат	Бесцветный, белый, голубой, красный, бурый, черта белая, блеск стеклянный, спайность совершенная, твердость 3…3,5. Тяжелый	Ромбическая. Кристаллы призматические, щетки, друзы, зернистые и пластинчатые агрегаты
Ангидрит, сульфат	Цвет белый, голубой, сероватый, иногда бесцветный, черта белая, блеск стеклянный, иногда перламутровый по плоскостям спайности, спайность совершенная, твердость 3…3,5. Похож на гипс, но не царапается ногтем	Ромбическая. Кристаллы толстотаблитчатые; мелкозернистые, сплошные агрегаты, плотные массы

1	2	3
Плавиковый шпат (флюорит), галогенид – фторид	Цвет фиолетовый, желтый, зеленый, розовый, белый, бесцветный до черного, нередко различная окраска в разных частях образца, черта белая, реже бледно-фиолетовая, блеск стеклянный, спайность совершенная по октаэдру – в четырех направлениях, твердость 4.	Кубическая. Характерные кристаллы в виде кубов и октаэдров. Друзы кристаллов или чаще вкрапления и зернистые агрегаты
Серпентин (змеевик), слоистый силикат	Цвет от светло-зеленоватого до темно-зеленого, местами черного, часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца, черта белая или зеленоватая, блеск стеклянный, жирный или восковой, шелковистый, спайность совершенная, чешуйки ломкие, излом неровный, занозистый, твердость около 2,5…4	Моноклинная. Листоватые, сплошные плотные массы волокнистого или тонкочешуйчатого строения. Волокнистая разновидность – асбест с шелковым блеском, легко разделяется на мягкие волокна («горный лен»)
III группа. Минералы твердые (с твердостью от 5,5 до 7) Царапают стекло и чертятся кварцем. А. Минералы с металлическим блеском		
Гематит, оксид	Цвет от красновато-бурого до железо-черного, черта вишнево-красная независимо от цвета агрегата – образца, блеск металловидный, спайность отсутствует, излом полураковистый до неровного, твердость 5…6. Немагнитен	Тригональная. Чешуйки, таблички и розетки (железная роза). Друзы. Часто тонкозернистые агрегаты

1	2	3
Пирит (серный колчедан, железный колчедан), сульфид	Цвет соломенно-желтый, золотистый, черта черная, спайности нет, излом неровный, твердость 6…6,5	Кубическая. Кристаллы – кубы или пентагондодекаэдры. Типична штриховка, параллельная граням куба. Мелкокристаллические массы
Б. Минералы без металлического блеска		
Лимонит (бурый железняк), гидрооксид	Цвет ржаво-желтый, желто-бурый, темно-бурый, иногда почти черный, черта желтовато-бурая, бурая, блеск матовый, спайность отсутствует, излом неровный, твердость от 1 до 5. Землистые охристые разновидности имеют меньшую твердость. Часто в виде «ржавчины» покрывает выветренные поверхности горных пород и пачкает руки	Скрытокристаллический, часто натечные формы, оолиты, радиально-лучистые конкреции, плотные, пористые, порошкообразные массы или потеки по поверхностям минералов и горных пород
Опал (полуопал с примесью окислов железа, глинистых веществ), гидроксид	Цвет белый, желтый, серый, синий, бурый, иногда красивая игра цветов (благородный опал), блеск стеклянный, матовый, просвечивает, полупрозрачный (благородный опал), излом раковистый, твердость 5,5…6,5	Аморфный. Стеклоподобные натечные образования, сплошные массы с раковистым сколом и изломом
Ортоклаз, каркасный силикат	Цвет светло-серый, белый, розовый, мясо-красный, черта белая, блеск стеклянный, спайность совершенная по двум направлениям под прямым углом, твердость 6	Моноклинная. Кристаллы хорошо выраженные, часто встречаются в двойниках; сплошные кристаллические массы в горных породах

1	2	3
Микроклин, каркасный силикат	Цвет розовый, красный, зеленый; зеленая разновидность – амазонский камень или амазонит; черта белая, блеск стеклянный, спайность совершенная по двум направлениям, угол между плоскостями спайности незначительно отклоняется от прямого на 20', твердость 6	Триклинная. Призматические кристаллы, иногда гигантских размеров в жилах пегматитового или гидротермального генезиса; кристаллические агрегаты в магматических и метаморфических горных породах
Лабрадор (кальциево-натриевый плагиоклаз), изоморфная смесь: альбита – 50…70% и анортита – 50…30%, каркасный силикат	Цвет серый, темно-серый с голубыми, зеленоватыми, синими переливами (иризация), черта бесцветная или белая, блеск стеклянный, полупрозрачный, спайность совершенная в двух направлениях, твердость 6…6,5. На плоскостях скола видны линии (штриховка) двойникования	Триклинная. Мелкие и крупные таблитчатые кристаллы, породообразующий минерал основных магматических пород. Порода, сплошь состоящая из лабрадора называется лабрадорит
Альбит (натриевый плагиоклаз), каркасный силикат	Цвет белый, иногда буровато-желтый, черта бесцветная, белая, спайность совершенная по двум направлениям, иногда с тонкой штриховкой, твердость 6…6,5	Триклинная. Плотные зернистые массы и таблитчатые агрегаты, а также друзы, кристаллы в пегматитах
Анортит (кальциевый плагиоклаз), каркасный силикат	Цвет серый, белый, или желтоватый, черта бесцветная, белая, блеск стеклянный, спайность ясная в двух направлениях, твердость 6…6,5	Триклинная. Мелкие кристаллы в основных магматических породах

1	2	3
Нефелин, (сплошные сливные массы с жирным блеском – элеолит), каркасный силикат	Кристаллы бесцветные; в сливных разновидностях светлые тона серого, розового, желто-бурого цвета, черты нет, блеск жирный на изломе, на гранях кристаллов – стеклянный, спайность отсутствует, излом плоскораковистый, твердость 5,5…6. Легко выветривается и становится матовым, покрывается глиной	Гексагональная. Кристаллы редки, мелкие призматические; обычно неправильной формы зерна и сплошные зернистые массы, часто покрытые глинистыми минералами и «оспенного» вида в породах
Авгит, ленточный силикат	Цвет зеленый, бурый, до черного, черта светло-зеленая, блеск стеклянный, спайность средняя под углом, близким к прямому (87°), на плоскостях спайности излом в виде штриховки, твердость 5…6,5.	Моноклинная. Мелкие зерна, реже хорошо образованные кристаллы в виде коротких призм или табличек в магматических и метаморфических породах
Роговая обманка, ленточный силикат	Цвет серо-зеленый, темно-зеленый, черный, черта зеленоватая или бурая, блеск стеклянный, спайность совершенная по призме, излом занозистый, твердость 5,5…6	Моноклинная. Кристаллы столбчатые или призматические, вытянутые, реже лучистые сростки.
Актинолит (лучистый камень), ленточный силикат	Цвет светло-зеленый до темно-зеленого, черта белая, зеленовато-белая, блеск стеклянный, шелковый, спайность совершенная по призме, излом занозистый, твердость 5…6. Хрупок	Моноклинная. Сплошные игольчатого строения массы; кристаллы расходятся лучами; также волокнистые и плотные агрегаты метаморфического генезиса

1	2	3
Халцедон, (агат – с яркой, располагающейся концентрическим и полосами окраской; кремень – с примесями опала, песка и глины); оксид	Серый, голубовато-серый, розоватый, красный и оранжевый (сердолик), буроватый (кремень), зеленый (хризопраз), черты не дает, блеск восковой, матовый, просвечивает по краям, спайность отсутствует, излом раковистый.	Тригональная. Скрытокристаллическая разновидность кварца. В виде плотных масс; или натечных почковидных образований, или желваков. Секреции, корки, гроздевидные массы агата
Оливин (перидот), (хризолит – желтовато-зеленый, прозрачный) островной силикат	Цвет оливково-зеленый, желто-зеленый, буроватый до черного, прозрачный или просвечивает, черты нет, блеск стеклянный, спайность несовершенная, раковистый излом, твердость 6,5..7. Хрупкий	Ромбическая. Кристаллы редки, обычны сплошные зернистые массы.
Эпидот, островной силикат	Цвет фисташково-зеленый и желто-зеленый, черта серая, блеск яркий стеклянный, спайность совершенная, излом раковистый, неровный, твердость 6—7	Моноклинная. Кристаллы грубо исштрихованные, часты двойники; обычны сплошные зернистые, удлиненные, призматические, шестоватые и лучистые агрегаты
IV группа. Минералы очень твердые (с твердостью больше 7 – режут стекло); без металлического блеска		
Кварц, оксид или каркасный силикат семейства кремнезема	Цвет белый, розовый, черный (морион), прозрачные и бесцветные кристаллы (горный хрусталь), фиолетовый (аметист), дымчатый (дымчатый кварц или раухтопаз), черты не дает, блеск стеклянный, на сколах жирный, спайность отсутствует, излом раковистый, твердость 7.	Тригональная. Встречаются кристаллы удлиненной призматической формы с пирамидальными «головками». Характерна поперечная штриховка на гранях призмы. Друзы, сплошные зернистые или сливные массы в жилах

1	2	3
Гранаты, островные силикаты	Цвет темно-красный (пироп), темно-красный, буроватый (альмандин), зеленовато-желтый (гроссуляр), темно-бурый, черный (андрадит), розовый (спессартин), изумрудно-зеленый (уваровит), черты не дает, блеск стеклянный, на изломе жирный, спайность несовершенная, излом раковистый, неровный, твердость 7	Кубическая. Кристаллы – изометричные многогранники: ромбододекаэдры и др., или сплошные зернистые массы
Топаз, островной силикат	Цвет голубоватый, желтоватый, розовый, дымчатый, бесцветный, черты не дает, блеск стеклянный, сильный, прозрачный, спайность совершенная в одном направлении, излом неровный, твердость 8	Ромбическая. Кристаллы призматические с грубой штриховкой вдоль вертикальной оси кристалла; друзы, сплошные зернистые массы; окатанные кристаллы
Корунд, оксид	Цвет синеватый, красный, серый, блеск стеклянный, прозрачный синий (сапфир), кроваво-красный (рубин), спайность отсутствует, излом неровный, твердость 9	Тригональная. Бочковидные кристаллы, часто на гранях косая штриховка. Мелкозернистые сплошные массы – наждак
Алмаз, самородные элементы	Цвет белый, голубой, зеленый, желтовато-коричневый, черный (карбонадо), бесцветный, блеск алмазный, Прозрачный или просвечивает; спайность средняя по октаэдру, излом раковистый, твердость 10	Кубическая. Обычны кристаллы октаэдры; радиально-лучистые шарики (борт); плотные черные или бурые массы (карбонадо)

Учебное издание

Составитель: **Александр Владиславович Сергеев**

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО КРИСТАЛЛОГРАФИИ И МИНЕРАЛОГИИ

Методическое пособие

Авторская редакция

Подписано в печать
Формат 60x84 1/16.
Печать офсетная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л.
Заказ № _____. Тираж экз.

Издательство «Удмуртский университет»
426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 2, к. 101