

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ухтинский государственный технический университет»
(УГТУ)

А. М. Плякин

ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

Учебное пособие

Рекомендовано Государственным образовательным учреждением
высшего профессионального образования
«Московский государственный горный университет» в качестве
учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки «Прикладная геология»

Ухта 2011

УДК 551.1/4.075

П 40

Плякин, А. М.

Породообразующие минералы [Текст] : учеб. пособие / А. М. Плякин. – Ухта : УГТУ, 2011. – 96 с., ил.

ISBN 978-5-88179-650-1

Учебное пособие по общей геологии содержит материал по основным темам дисциплины, изучаемым на лабораторных занятиях и связанным с классификацией и классами минералов.

В заключительной части пособия приводится краткий геологический словарь, включающий некоторые термины, встречающиеся в текстовой части пособия.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 130300 «Прикладная геология».

Рекомендовано Государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский государственный горный университет» в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Прикладная геология». Регистрационный номер рецензии № 1392 от 18.05.2011 г. МГУП.

Рецензенты: кафедра исторической геологии Воронежского государственного университета; В. Я. Евзеров, проф. Мурманского государственного технического университета, доктор геол.-мин. наук

© Ухтинский государственный технический университет, 2011

© Плякин А. М., 2011

ISBN 978-5-88179-650-1

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	4
Глава I. Общие сведения о породообразующих минералах	5
1.1. Морфология минералов	6
1.2. Понятие о симметрии и элементах симметрии	6
1.3. Виды симметрии и сингонии.....	9
1.4. Простые формы.....	10
1.5. Сростки минералов и минеральные формы.....	12
Контрольные вопросы	14
Глава II. Физические свойства минералов.....	15
2.1. Классификация минералов	21
Контрольные вопросы	22
Глава III. Описание и классификация важнейших породообразующих и рудных минералов.....	23
3.1. Класс самородных элементов и интерметаллических соединений. 23	
3.2. Класс сульфидов	27
3.3. Класс окислов (оксидов) и гидроокислов (гидроксидов).....	30
3.4. Класс галоидов.....	35
Кислородные соли	38
3.5. Класс карбонатов	38
3.6. Класс сульфатов.....	40
3.7. Класс фосфатов	41
3.8. Класс силикатов	42
3.8.1. Силикаты островные	43
3.8.2. Силикаты цепочные	45
3.8.3. Силикаты ленточные.....	45
3.8.4. Силикаты листовые	46
3.8.5. Каркасные алюмосиликаты.....	50
Контрольные вопросы	54
Схема определения породообразующих минералов.....	56
Глава IV. Минералы разных типов горных пород.....	65
4.1. Минералы магматического и метаморфического происхождения . 65	
4.2. Минералы осадочного происхождения	72
4.3. Минералы метаморфогенного происхождения.....	78
Приложение 1. Рисунки	81
Приложение 2. Краткий геологический словарь.....	89
Библиографический список.....	95

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие по общей геологии содержит материал по основным темам дисциплины, изучаемым на лабораторных занятиях и связанным с классификацией и классами минералов. Предлагаемое пособие соответствует учебной программе по специальностям 130304 и 130306.

Главной целью пособия является возможность приобретения студентами первых практических навыков методики диагностики минералов по их простейшим физическим свойствам, уяснение последовательности действий при диагностике и возможность впервые познакомиться с наиболее распространенными пороодообразующими и некоторыми другими важными и интересными минералами (например, с золотом, алмазами и т. д.). Навыки в определении минералов рассматриваются как основа работы в последующем с горными породами.

При изложении материала о минералах даны самые общие понятия о кристаллографии и формах нахождения минералов в природе, приведена методика определения их главных кристаллографических особенностей. В определителе минералов помещены краткие сведения по каждому из них, необходимые для непосредственной, в том числе и самостоятельной работы с коллекциями минералов. Построение определителя выполнено с учетом последовательности операций при диагностике. Для создания более полного представления о минеральном мире в целом и каждом минерале в отдельности описательная часть пособия содержит материалы об условиях образования этих минералов, а также справочные сведения о наиболее важных или известных их месторождениях. Для удобства пользования пособием характеристика минералов приведена в табличной форме. Эта часть учебного пособия является базовой для изучения минералогии с основами кристаллографии.

Заключительная часть пособия содержит краткий геологический словарь, в котором помещены некоторые геологические термины, используемые при изложении материала. Небольшой объем словаря принят исключительно с целью удобства пользования им непосредственно в учебном процессе.

Автор выражает благодарность за помощь в подготовке пособия к изданию профессору Воронежского государственного университета, доктору геол.-мин. наук А. Д. Савко и профессору Мурманского государственного технического университета, доктору геол.-мин. наук В. Я. Евзерову за ценные советы и замечания при создании настоящего учебного пособия.

Глава I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛАХ

Минералы являются составной частью горных пород, слагающих земную кору планеты. Они представляют собой неделимые мельчайшие частицы любой горной породы. Механическое разрушение приводит только к измельчению минерала, но не к его изменению. Разрушить минерал с уничтожением его индивидуальности можно только химическим способом, разрушив кристаллическую решетку удалением атомов хотя бы одного из химических элементов, входящих в его состав.

Под *минералом* можно понимать вещество планеты, представляющее собой естественные самородные химические элементы или их соединения, однородные по составу и строению, образованные в результате различных физико-химических, термодинамических и термоядерных процессов в атмосфере, гидросфере и литосфере.

Существует несколько тысяч минералов и их разновидностей, ежегодно происходит открытие все новых и новых.

Главной целью настоящего учебного пособия является знакомство с минералами, которые образуют наиболее широко распространенные главные типы горных пород. Такие минералы принято называть *породообразующими*. Например, в составе гранитов должны быть в обязательном порядке как минимум три породообразующих минерала: кварц, один из полевых шпатов и одна из слюд. Другие минералы могут также входить в состав гранита, но это не обязательные минералы. Породообразующим минералом в известняках является кальцит, в кварцевых песчаниках (псаммитах) – кварц.

Большинство минералов находится в земной коре в твердом состоянии, но имеются жидкие минералы (самородная ртуть, вода и др.), а также газообразные (азот, углекислый газ, сероводород и др.).

В зависимости от внутреннего строения минералы бывают аморфными, скрытокристаллическими и кристаллическими. *Аморфные* минералы имеют одинаковые свойства по всем направлениям, *скрытокристаллические* состоят из дисперсной среды и дисперсной фазы, соотношением которых определяется принадлежность этих образований к золям или гелям. У *кристаллических* минералов атомы и ионы находятся в упорядоченном состоянии, образуя «скелет» минерала – его кристаллическую решетку. Благодаря упорядоченному положению в решетке атомов и ионов кристаллические минералы обладают определенными кристаллографическими формами в виде правильных многогранников

или других форм, характерных именно для этих минералов. Такие многогранники называют *кристаллами*.

1.1. Морфология минералов

Твердые минералы наблюдаются в природе в виде одиночных кристаллов и сростков кристаллов (двойники, тройники и т. д.), а также в виде зерен неправильной формы и минеральных агрегатов.

Кристаллические минералы могут быть разделены по габитусу на следующие типы: 1) изометрические – одинаково развитые по всем направлениям пространства, например, гексаэдры галенита и галита, октаэдры магнетита, ромбододекаэдры граната и проч.; 2) вытянутые в 2-х направлениях – пластинчатые, листоватые, таблитчатые и чешуйчатые кристаллы слюды, золота, гипса, гематита и др. минералов; 3) вытянутые или удлиненные (игольчатые, шестоватые, столбчатые, призматические – с явным удлинением по одному направлению, например, удлиненно-призматические кристаллы роговой обманки, турмалина и др.); 4) сложные – типа дендритов самородной меди, проволоковидные кристаллы серебра и проч.

Между всеми названными типами существуют переходные формы. К ним можно отнести: скаленоэдры кальцита, уплощенные столбчатые (бочонковидные) кристаллы корунда и др.

Морфология кристаллов является важным диагностическим свойством для ряда минералов: гексаэдры типичны для пирита, галита, галенита; октаэдры – для магнетита; пластинчатые и чешуйчатые – для слюды (мусковит, биотит, хлорит и др.) и т. д.

1.2. Понятие о симметрии и основных элементах симметрии

Геометрическая симметрия – закономерная повторяемость равных фигур или равных частей одной и той же фигуры. По Е. С. Федорову, «симметрия есть свойство геометрических фигур в различных положениях приходить в совмещение с первоначальным положением». Другими словами, это закономерная повторяемость одинаковых граней, ребер и углов, характеризующаяся целым числом раз. Основываясь на этом, мы можем сказать, что две фигуры равны, если расстояние между двумя любыми точками одной фигуры равно расстоянию между двумя соответственными точками другой фигуры. Равными будут и такие фигуры, которые при наложении одной на другую совпадают всеми своими точками. Такие фигуры называются *совместимо-равными*. Кроме них, равными являются и такие фигуры, которые относятся друг к другу как предмет и его зеркальное отображение – это *зеркально-равные* фигуры.

Выяснение особенностей строения кристаллов и закономерностей повторяемости осуществляется с помощью специальных методов или операций, использующих вспомогательные геометрические образы: точки, прямые и плоскости. С помощью этих образов, называемых *элементами симметрии*, симметрия фигур может быть охарактеризована математически.

Непосредственное изучение кристаллов осуществляется путем:

- 1) отражения части кристалла через его центр;
- 2) отражения равных частей кристалла через воображаемую плоскость;
- 3) совмещения равных частей кристалла через вращение вокруг воображаемой оси;
- 4) отражения части кристалла через его центр с последующим поворотом этой части на определенный угол вокруг воображаемой оси.

В соответствии с названными операциями существуют следующие элементы симметрии кристаллов: 1 – *центр* симметрии; 2 – *плоскости* симметрии; 3 – *оси* симметрии; 4 – *инверсионные оси* симметрии.

Центр симметрии обозначается индексом **C** и представляет собой особую точку внутри фигуры. Любая проведенная через эту точку прямая по обе стороны от нее на равных расстояниях встретит соответственные точки фигуры. Если по одну сторону от центра располагается вершина фигуры, то и по другую сторону на таком же расстоянии будет находиться аналогичная вершина фигуры; если по одну сторону от центра располагается центр грани, то и по другую сторону на таком же расстоянии должен располагаться центр аналогичной грани.

В кристалле, имеющем центр симметрии **C**, каждой грани соответствует другая грань, равная и параллельная первой. Следовательно, обязательным условием наличия центра симметрии в кристалле является присутствие в нем всех попарно параллельных граней. Если в кристалле имеется хотя бы одна грань, не имеющая себе равной и параллельной, то в таком кристалле центр симметрии отсутствует.

Плоскость симметрии обозначается индексом **P** и представляет собой плоскость, разделяющую кристалл (фигуру) на две зеркально-равные части, расположенные одна относительно другой как предмет и его зеркальное отражение. В кристалле плоскости симметрии могут отсутствовать или присутствовать в количестве от одной до девяти, в зависимости от особенностей строения кристалла, т. е. в зависимости от принадлежности его к тому или иному виду симметрии и сингонии.

Плоскости симметрии в кристалле (фигуре) могут проходить через ребра (вдоль или поперек через середину ребра), через вершины кристалла или через

середину граней (перпендикулярно граням). Относительно занимающего стабильную позицию кристалла плоскости проходят в трех направлениях: вертикально, горизонтально и наклонно.

Плоскости симметрии присутствуют в кристаллах планального, планакси-ального, инверсионно-планального, а также частично центрального видов симметрии.

Ось симметрии обозначается индексом **L** и представляет собой прямую линию, при вращении вокруг которой несколько раз повторяются равные части симметричной фигуры (кристалла).

В кристаллах с осью (осями) симметрии его части расположены таким образом, что путем поворота вокруг воображаемой оси на определенный угол фигура (кристалл) занимает то же положение, которое она занимала и до поворота, но вместо одних ее частей такое положение заняли уже другие аналогичные части. При этом не только какие-то части, а вся фигура (кристалл) совмещается сама с собой. Число самосовмещений фигуры при повороте на 360° называется *порядком этой оси* симметрии. В кристаллографии существуют оси симметрии второго, третьего, четвертого и шестого порядка. Порядок оси симметрии обозначается арабской цифрой, которая пишется справа внизу около индекса оси симметрии L_2, L_3, L_4, L_6 . Осей пятого порядка и порядка выше шестого в кристаллографии не существует. Это объясняется решетчатой структурой кристаллов.

Оси симметрии в кристалле (фигуре) проходят через центр граней, середины ребер или вершины. Оси *второго* порядка легко обнаружить, поскольку они проходят в кристалле там, где сходятся две одинаковые грани (ребро или вершина), или через центр прямоугольной грани. Оси *третьего* порядка проходят через вершину, в которой сходятся три одинаковых грани, или через центр треугольной грани (равносторонний треугольник). Оси *четвертого* порядка проходят через вершину, в которой сходятся четыре одинаковых грани, или через центр квадратной грани. Оси *шестого* порядка проходят через вершину, в которой сходятся шесть одинаковых граней, или через центр шестиугольной грани (правильный шестиугольник). Оси симметрии отсутствуют только в триклинной сингонии и планальном виде симметрии моноклинной сингонии, т. е. только три формулы из 32 существующих не имеют осей симметрии. В кристаллах могут быть единичные или множественные оси симметрии. Наибольшее количество осей симметрии характерно для кристаллов кубической сингонии, здесь их количество от 7 до 13, причем все они принадлежат разным порядкам: второму и третьему или второму, третьему и четвертому.

Инверсионные (инверсионно-поворотные) оси симметрии обозначаются индексом L_i и представляют собой прямую, при повороте вокруг которой на 360° с соответствующим переносом – отражением (инверсией) части фигуры через центр кристалла – происходит ее повторение – совмещение целое число раз. В кристаллах существуют инверсионные оси четвертого и шестого (L_{i4} – L_{i6}) порядков. Их соответствия: оси четвертого порядка – осям симметрии второго порядка, а инверсионные оси симметрии шестого порядка – осям симметрии третьего порядка.

Для определения инверсионной оси фигура поворачивается вокруг оси на 60 или 90° , и все ее элементы (ребра, вершины, грани) проецируются через центр на противоположную сторону, т. е. на 180° в вертикальной плоскости. Если при этом все элементы нижней части фигуры отразятся через центр в ее верхней части, то в фигуре присутствует инверсионная (инверсионно-поворотная) ось симметрии. Порядок инверсионной оси симметрии определяется так же, как порядок обычной оси симметрии, но он суммируется из количества обычных и отраженных совмещений.

1.3. Виды симметрии и сингонии

Все формы природных кристаллов объединяются в 32 вида симметрии, которые можно вывести математически. В зависимости от наличия тех или иных элементов симметрии или их сочетания выделяются следующие виды симметрии:

1. *Примитивный* – характеризуется отсутствием элементов симметрии или минимальным количеством осей симметрии.

2. *Центральный* – характеризуется обязательным присутствием центра симметрии нескольких других элементов симметрии.

3. *Аксиальный* – характеризуется присутствием только осей симметрии разных порядков.

4. *Планальный* – характеризуется обязательным присутствием плоскостей симметрии, в основном в множественном количестве, и отсутствием центра симметрии.

5. *Плاناксиальный* – характеризуется присутствием всех элементов симметрии (оси, плоскости, центр) с максимальным количеством плоскостей и осей симметрии.

6. *Инверсионно-примитивный* – характеризуется присутствием инверсионно-поворотных осей симметрии в единичном количестве и отсутствием других элементов симметрии.

7. *Инверсионно-планальный* – характеризуется присутствием наряду с инверсионно-поворотными осями симметрии обычных осей симметрии второго порядка и плоскостей симметрии.

Все перечисленные семь видов симметрии распространены во всех семи сингониях кристаллов: *триклинной, моноклинной, ромбической, тригональной, тетрагональной, гексагональной и кубической*, которые объединяются в три *категории*. Триклинная, моноклинная и ромбическая сингонии образуют *низшую* категорию; тригональная, тетрагональная и гексагональная образуют *среднюю* категорию; кубическая сингония принадлежит *высшей* категории. Каждая сингония объединяет несколько видов симметрии, обладающих одним или несколькими аналогичными элементами симметрии.

Например, для триклинной сингонии характерно отсутствие элементов симметрии или присутствие только центра симметрии, для моноклинной – присутствие единичных элементов, для ромбической – множественность элементов симметрии с осями симметрии не выше второго порядка, для тригональной сингонии характерно обязательное присутствие осей симметрии третьего порядка, для тетрагональной – осей симметрии четвертого порядка, для гексагональной – осей симметрии шестого порядка, а для кубической – множественность осей симметрии второго, третьего и четвертого порядка.

Сочетание элементов симметрии в фигуре (кристалле), выраженное индексами, образует *формулу симметрии*, которая отражает имеющиеся 32 вида симметрии.

1.4. Простые формы

Изучение кристаллов, их элементов симметрии показывает, что совершенно разные по внешнему облику кристаллы могут иметь одинаковые формулы симметрии. Следовательно, одного определения элементов симметрии совершенно недостаточно, чтобы определить и охарактеризовать какой-то конкретный кристалл. Объясняется это тем, что каждый кристалл имеет характерную форму, представляющую собой сочетание разных по форме и размеру граней.

Простой формой называется сочетание одинаковых по размеру и форме граней, связанных друг с другом элементами симметрии. Каждый кристалл может представлять собой простую форму (если он состоит из одинаковых по форме и размеру граней) или комбинацию простых форм (если он состоит из разных по форме и размерам граней). Следовательно, в кристалле столько простых форм, сколько типов граней он содержит. Для определения простой формы в кристалле надо взять любую грань, сосчитать количество таких граней в кристалле и уяснить их взаимоположение в кристалле. В связи с особенностями

строения кристаллов каждого вида симметрии для каждого из них характерны и возможны только определенные простые формы, при этом каждая категория кристаллов обладает сходными простыми формами, хотя переход из одной категории в другую довольно «мягкий» – с сохранением некоторых сходных или аналогичных простых форм.

Низшая категория содержит следующие простые формы: моноэдр, пинакоид, диэдр, тетраэдр, призма ромбическая, пирамида ромбическая, дипирамида ромбическая.

Моноэдр – одиночная, неповторяемая грань в кристалле.

Пинакоид – простая форма, состоящая из двух равных параллельных граней. Ориентировка граней, кроме параллельности не имеет значения.

Диэдр – простая форма, образованная двумя равными гранями, расположенными под углом друг к другу.

Тетраэдр – простая форма, образованная четырьмя одинаковыми по форме и размеру гранями, форма граней – равносторонний треугольник.

Призма, пирамида и дипирамида ромбическая – сечение грани в форме ромба.

Средняя категория часть простых форм наследует из низшей категории. К ним относятся: моноэдр, пинакоид, тетраэдр (в отличие от ромбического тетраэдра тетрагональный имеет форму грани в виде равнобедренного треугольника), призма, пирамида и дипирамида – соответственно, сингонии с формой сечения треугольной, квадратной и шестиугольной. Полностью исчезает *диэдр*. Новые простые формы средней категории: ромбоэдр, трапецоэдр, скаленоэдр.

Ромбоэдр – простая форма, состоящая из 6 равных граней, три из которых располагаются не строго под (или над) другими тремя, а скручены относительно друг друга на некоторый угол. Форма грани – ромб.

Трапецоэдр – устроен аналогично ромбоэдру, но форма грани представляет собой трапецию.

Скаленоэдр – простая форма, представляющая собой тетрагональный тетраэдр с раздвоенной гранью или тригональный ромбоэдр с раздвоенной гранью.

Призмы, пирамиды, дипирамиды в средней категории могут быть: тригональными, дитригональными, тетрагональными, дитетрагональными, гексагональными и дигексагональными.

Высшая категория имеет только одну форму, сходную с низшей и средней категориями, – тетраэдр. Все остальные простые формы кубической сингонии – «новые». К ним относятся: гексаэдр, октаэдр, додекаэдр и производные от них.

Гексаэдр – правильный шестигранник (куб) с квадратной формой грани.

Октаэдр – правильный восьмигранник.

Додекаэдр – правильный двенадцатигранник. В зависимости от формы грани могут быть ромбододекаэдры (форма грани – ромб), пентагондододекаэдры (форма грани – пятиугольник). Правильный двадцатичетырехгранник называется *дидодекаэдром*.

На базе этих четырех основных форм (тетраэдр, гексаэдр, октаэдр, додекаэдр) могут быть комбинированные простые формы. Название этих форм образуется из трех слов, обозначающих: *последнее* – базовую модель; *среднее* – количество малых граней, составляющих грань базовой модели; *первое* – форму малой грани, составляющую грань базовой модели.

Пример: кристалл представляет собой тетраэдр, у которого каждая из четырех граней состоит из трех маленьких треугольных граней. Такая форма будет иметь название *тригон-три-тетраэдр*.

Кристалл представляет собой октаэдр, каждая из восьми граней которого составлена из трех малых четырехугольных граней. Такая форма имеет название: *тетрагон-три-октаэдр*.

Для определения простой формы кристаллов кубической сингонии следует сориентировать кристалл таким образом, чтобы одинаковые группы граней можно было свести к одной из базовых простых форм (тетраэдр, гексаэдр, октаэдр). После этого можно легко определить название данной комбинированной формы. Максимально возможное количество граней в естественном кристалле – 48. Такой кристалл (простая форма) называется *гексаоктаэдром*.

1.5. Сростки минералов и минеральные формы

В горной породе часто встречаются различные сростки кристаллов, среди которых нужно различать закономерные и не закономерные сростки. Как отмечает А. Г. Бетехтин [1], закономерные сростки образуются при общности или близости строения плотно упакованных плоскостей срастания. Так, двойником он называет «*закономерный сросток двух кристаллов одного и того же минерала, в котором индивиды могут быть совмещены друг с другом либо поворотом вокруг некоторой оси на 180°..., либо отражением в плоскости симметрии..., либо путём инверсии*».

Причинами образования двойников А. Г. Бетехтин считает: срастание зародившихся кристалликов в растворе, механическое воздействие при одностороннем внешнем давлении или полиморфные превращения кристаллического вещества.

Часто наблюдаются двойники гипса, срастание кристаллов которого происходит по типу «ласточкиного хвоста». Двойники ставролита образуют косые крестообразные формы.

Незакономерные сростки представляют собой заполнение минеральным кристаллическим веществом пустот, полостей и трещин в горной породе. Примерами таких сростков являются *друзы* кварца, кальцита, гранатов и других кристаллов, имеющих относительно крупные размеры (обычно более 0,5-1,0 см). В отличие от друз, *«щетки»* являются мелкокристаллическим заполнением стенок тонких трещин или небольших пустот (например, щетки аметиста, горного хрусталя, гранатов и других минералов).

Когда в результате раскристаллизации растворов полости и пустоты полностью или частично заполняются однородным или разнородным минеральным веществом, образуются *секрции* (прил. 1, рис. 1, 2).

Секрции заполнены кристаллическим или коллоидным минеральным веществом, при этом раскристаллизация происходит от периферии пустоты к центру. В результате образуются концентрически-зональные заполнения. Небольшие по размерам секрции называют *миндалинами* , часто наблюдающимися в базальтах, где они состоят из халцедона, кварца, кальцита, хлорита и других минералов. Крупные секрции, заполненные только частично минеральным веществом, называются *жеодами* . Форма секретий очень разнообразна. Так, агатово-кварцевые и кальцитовые секрции часто имеют рожкообразную удлиненную форму с острым конусовидным окончанием или неправильную форму, реже – округлую или уплощённо-округлую (лепешковидную).

Широко распространены диагенетические конкреции (прил. 1, рис. 3, 4), имеющие чаще шаровую, округло-уплощенную и неправильную изометрическую форму. Отличительной чертой конкреций является их формирование вокруг центров кристаллизации, представленных другим минеральным веществом, и стяжение обособленного минерального вещества от центра к периферии, в результате чего образуются радиально-лучистые или концентрически зональные агрегаты. Чаще других минералов конкреции образуют карбонатные минералы, пирит, марказит и фосфорит.

Реже конкреции могут образовываться в процессе эпигенеза, т. е. не в осадке, а в уже сформированной горной породе.

Контрольные вопросы

1. Что такое минерал?
2. В чем заключаются отличия минералов кристаллических от аморфных?
3. Что такое конкреция?
4. Как образуются конкреции в горных породах?
5. Что такое секреция?
6. Как образуются секреции в горных породах?
7. В чем заключаются отличия секреций от конкреций?
8. Назвать наиболее характерные минеральные двойники.
9. В чем заключается отличие друз от щеток?
10. Что такое геометрическая симметрия?
11. Что такое плоскость симметрии?
12. Что такое ось симметрии?
13. Что такое инверсионная ось симметрии?
14. Что такое центр симметрии и как его определить в минерале?
15. Перечислить виды симметрии минералов.
16. Назвать существующие сингонии.
17. Что такое простая форма?
18. Назвать простые формы низшей категории.
19. Назвать простые формы средней категории.
20. Назвать простые формы высшей категории.

Глава II. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Распознавание (диагностика) минералов осуществляется по их химическому составу и внутреннему строению, однако такие определения можно произвести далеко не всегда.

Поэтому созданы методы диагностики минералов по их внешнему облику или физическим свойствам. Каждый минерал обладает присущим только ему комплексом физических свойств.

Так, минералы с одинаковым химическим составом могут иметь разную окраску (цвет), форму кристаллов, спайность, твердость, магнитные и другие свойства. Минералы одинаковой окраски различаются по другим физическим свойствам.

Одним из важнейших физических свойств минералов является их *твердость*, – т. е. способность минерала противостоять прилагаемым механическим усилиям (истиранию, царапанию и др.). Твердость может быть относительной или «абсолютной». *Относительная твердость* – это твердость одного минерала относительно другого. «Абсолютная» твердость измеряется прибором микротвердометром и выражается в кг/мм². Для определения относительной твердости используется шкала твердости Мооса:

Таблица 1 – Шкала Мооса

Твердость по шкале Мооса	Минерал	Число твердости в кг/мм ²
1	Тальк	1 2.4
2	Гипс	36.0
3	Кальцит	109
4	Флюорит	189
5	Апатит	536
6	Микроклин	795
7	Кварц	1120
8	Топаз	1427
9	Корунд	2060
10	Алмаз	10060

Твердость является величиной относительно постоянной для каждого минерала, хотя некоторые из них характеризуются значительной ее изменчивостью. Например, минерал дистен по одной и той же грани имеет разную твердость: вдоль удлинения она составляет 4,5, а поперек удлинения – 6-7. При этом можно отметить разную твердость по разным направлениям одного и того же кристалла, обладающего спайностью: перпендикулярно плоскости спайности твердость больше, а параллельно ей (как бы между плоскостями спайности) – меньше.

Твердость ионных кристаллических минералов находится в зависимости от межионных расстояний: увеличение этих расстояний приводит обычно к снижению твердости. Замечена определенная закономерность для таких минералов, заключающаяся в том, что она прямо пропорциональна плотности кристаллических структур.

На практике для определения твердости минералов используются подручные средства из окружающих нас предметов и веществ: твердость 2 имеет наш ноготь, твердость 3 – у медной иглы, 5 – у стекла, 6 – у стальной иглы и лезвия перочинного ножа, 7 – у закаленной стали (напильник). Кроме того, в качестве эталона твердости практически всегда можно использовать широко встречающийся кварц.

Блеск минералов выражает количество отраженного света от поверхности минерала. Интенсивность блеска зависит от показателя преломления минерала. Он почти не зависит от окраски минерала.

Практическим путем установлены следующие 4 типа блеска минералов:

- 1) стеклянный (кварц на гранях, флюорит, полевые шпаты и др.);
- 2) алмазный (самородная сера на гранях, алмаз, сфалерит, циркон и некоторые др.);
- 3) полуметаллический у прозрачных и полупрозрачных минералов или тусклый металлический (гематит, киноварь, марказит и др.);
- 4) металлический (халькопирит, пирит и др.).

Различают также перламутровый блеск (слюды, тальк), обусловленный тонкослоистым сложением минерала с весьма совершенной спайностью. Такой тип блеска создается в результате одновременного отражения световых лучей от поверхностей спайности, расположенных на разном расстоянии от поверхности. Шелковистым блеском характеризуются кристаллы, имеющие волокнистое сложение (волокнистый гипс, асбест). Иногда такой тип блеска называют *отливом*.

Некоторые минералы имеют так называемый жирный блеск (кварц на поверхностях излома, нефелин и некоторые другие). Когда говорят, что минерал имеет матовый блеск, это означает, что блеск у минерала полностью отсутствует. Примером могут быть каолинит, рыхлые гидроксиды железа, рыхлый пиролюзит и др.

Цвет (окраска) минералов часто бывает очень важным диагностическим свойством, в связи с чем некоторые минералы получили свое название благодаря цветовой характеристике: хлорит – зеленый, гематит – кровавый, альбит – белый.

Окраски минералов могут быть идиохроматическими, аллохроматическими и псевдохроматическими.

Идиохроматические окраски обусловлены присутствием в составе минералов определенных химических элементов (хромофоров). К таким элементам относятся: Mn, Fe, Cr, Co и др. Другими причинами идиохроматизма могут быть изменение однородности строения кристаллической структуры или присутствие ионов в пустых промежутках структуры минералов. Идиохроматическими окрасками обладают такие минералы, как магнетит (черный), пирит (золотисто-желтый), малахит (зеленый), пироп и рубин (красные) и т. д.

Аллохроматические окраски (прил. 1, рис. 5) отличаются тем, что они вызваны тонко рассеянными механическими примесями, обладающими определенным цветом и не зависящими от химизма этого минерала. Например, синяя окраска корунда обусловлена включениями тонких вростков ильменита; прозрачный кварц (горный хрусталь) может быть окрашен микропримесями в фиолетовый (аметист), золотисто-желтый (цитрин), дымчатый (раухтопаз), черный (морион), розовый или молочно-белый цвета. Галит, карналлит также могут иметь разную окраску: белый, желтый, красный, синий и т. д.

К аллохромным минералам можно отнести агаты, в которых красящий пигмент (чаще всего оксиды и гидроксиды железа, оксиды марганца, органические вещества и др.) располагается тонкими слоями, создавая красивые рисунки.

При этом из-за мелких размеров красящих включений они чаще всего неразличимы в составе названных минералов. Но иногда встречаются и заметные невооруженным глазом включения.

Псевдохроматические (ложные) окраски (прил. 1, рис. 6) обусловлены отражательными особенностями поверхностей некоторых минералов, поверхностей спайности или включений в минералах. К таким окраскам относятся иризация и побежалость.

Иризация – это свойство минерала светиться изнутри не свойственным для него цветом. Пример: минерал лабрадор из группы плагиоклазов обладает способностью светиться на полированных поверхностях или гранях кристаллов яркими синим, зеленым, реже – золотистым цветом, хотя сам минерал обладает темно-серой окраской. Аналогичным свойством обладает другой минерал из той же группы плагиоклазов – олигоклаз, отсвечивающий ярким голубым цветом. Иризация вызывается тонкими включениями пластинчатых минералов, отражающих световые лучи весьма своеобразно. Эта способность иризирующих минералов используется на практике: они применяются в качестве ценных поделочных камней (прил. 1, рис. 6).

Побежалость представляет собой образование на поверхности некоторых рудных минералов (гидроокислы железа, минералы меди и др.) пестро окрашенных пленок ярких окрасок: синей, фиолетовой, зеленой, красной, располагающихся в виде мелких точечных пятен. Для некоторых минералов побежалость может быть важным диагностическим свойством (прил. 1, рис. 6).

Цвет черты обозначает цвет минерала в тонком порошке. Для некоторых минералов различие в окраске и цвете черты является весьма существенным диагностическим признаком. Например: оксиды железа магнетит и гематит, часто не различимые по окраске, легко различаются по цвету черты: у магнетита она черная, а у гематита – красно-бурая, вишнево-бурая. Этот признак минералов является постоянным, в связи с чем он более надежен при определении (диагностике) минералов.

Получают цвет черты путем проведения испытуемым минералом по матовой поверхности фарфоровой пластинки (бисквита).

Цвет черты является важным признаком для окрашенных минералов с малой твердостью (до 6). Слабо окрашенные минералы характеризуются обычно белой или светлоокрашенной чертой.

Некоторые минералы обладают цветом в порошке (цветом черты), одинаковым с окраской минерала: у киновари – красная черта и красная окраска, у магнетита – черная черта и черная окраска.

подавляющее большинство прозрачных окрашенных минералов черты не имеют (она у них белая или бесцветная).

Минералы с высокой твердостью черты не имеют, так как они царапают пластинку, не оставляя следа.

Спайность и излом, как правило, дополняют и исключают друг друга. Если минерал имеет по какому-либо направлению спайность, то он не имеет по этому направлению излома.

Спайностью называют свойство минерала раскалываться, расщепляться по определенным кристаллографическим направлениям с образованием ровных блестящих поверхностей. Плоскости спайности совпадают в минералах с направлениями наименьшей силы связи частиц в кристаллической решетке, поэтому для каждого типа кристаллической решетки существует свой тип спайности.

По степени совершенства выделяется 5 типов спайности:

1. *Весьма совершенная* – способность расщепляться на тонкие чешуйки, пластинки или листочки без особых усилий. Весьма совершенную спайность по одному направлению имеют слюды, гипс; при их расщеплении образуются тонкие блестящие листочки или чешуйки (прил. 1, рис. 7).

2. *Совершенная* спайность (прил. 1, рис. 8) наблюдается у кальцита, галенита, галита и других минералов – по всем трем направлениям. У этих минералов при слабом ударе обозначаются ровные поверхности со всех сторон с образованием правильных гексаэдров, ромбоэдров и других кристаллографических форм.

3. *Средняя* спайность характерна для полевых шпатов (прил. 1, рис. 9, 10а), роговых обманок и других минералов, у которых при ударе образуются ровные поверхности по двум направлениям, а по третьему – неровный излом. При этом характер поверхности спайности отличается от совершенной некоторыми изъятиями, неровностями.

4. *Несовершенная* спайность требует внимательного изучения для обнаружения отдельных фрагментов ровной поверхности среди явно преобладающих поверхностей неровного излома. Примерами могут быть: апатит, оливин, самородная сера.

5. *Весьма несовершенная* спайность обозначает практически полное отсутствие спайности. Таким типом спайности обладают кварц (прил. 1, рис. 10б), халцедон, вулканическое стекло и другие минералы. В случае отсутствия спайности минерал или определенные его поверхности имеют излом.

Излом – это неровная поверхность, образующаяся при механическом разрушении минерала. В зависимости от особенностей внутреннего строения излом может быть раковистым или неровным, иногда (особенно у самородных металлов) – крючковатым или занозистым.

В некоторых публикациях и диагностических схемах применяют такие понятия, как волокнистый или ступенчатый излом, что по сути своей является неправомерным. В том и другом случае образующиеся при раскалывании минералов типы поверхностей представляют собой не что иное, как сочетание поверхностей спайности. Например: ступенчатый излом – это сочетание двух поверхностей средней спайности у полевых шпатов; волокнистый излом у кристаллов гипса представляет собой отдельность по волокнам (поверхностям весьма совершенной спайности по одному направлению).

Спайность иногда можно спутать с гранями кристалла. Грани кристалла не имеют строго параллельных себе поверхностей, тогда как каждая поверхность спайности имеет многочисленные параллельные себе поверхности спайности. Но бывают и исключения. Так, в некоторых случаях в образце хорошо наблюдаются поверхности роста граней кристаллов кварца, параллельные друг другу, что создает впечатление наличия спайности в таком минерале (прил. 1, рис. 11).

Прозрачность – это свойство минерала пропускать через себя световые лучи. Проходя через минерал, световой луч частично поглощается, частично преломляется, интенсивность его уменьшается, поэтому абсолютно прозрачных, как и абсолютно непрозрачных минералов, в природе не существует.

По степени прозрачности минералы условно разделяют на три группы:

1) прозрачные: горный хрусталь, исландский шпат (прил. 1, рис. 11, 12) и др.;

2) полупрозрачные: халцедон, опал (прил. 1, рис. 13), изумруд, рубин и др.; к группе полупрозрачных относят и так называемые просвечивающие, т. е. полупрозрачные в тонких пластинках или краях (на сколах);

3) непрозрачные: пирит (прил. 1, рис. 14), марказит, магнетит, гематит, ставролит (прил. 1, рис. 15), серпентин (прил. 1, рис. 16) и др.

Эти типы прозрачности относятся только к крупным (макроскопически видимым) кристаллам или их обломкам. В тонкозернистых агрегатах минералы становятся непрозрачными за счет многократного преломления световых лучей, их рассеивания и отражения – это надо иметь в виду при диагностике минералов. Минералы, которые в тонкоагрегатном состоянии кажутся непрозрачными, становятся прозрачными в тонких пластинках, и для их изучения применяется поляризационный микроскоп.

Магнитность присуща небольшому количеству минералов. Особенно яркими магнитными свойствами обладают магнетит, никелистое железо, пирротин, ферроплатина, некоторые другие минералы – в меньшей степени. Это свойство определяется с помощью магнитной стрелки компаса. Магнитностью обладает небольшое количество минералов, поэтому она является весьма важным диагностическим свойством.

Кроме явной магнитности, легко определяемой с помощью компаса, ряд минералов обладает очень слабой магнитностью. Это свойство используется при изучении так называемых шлиховых проб путем разделения минералов с большим удельным весом («тяжелая фракция») с помощью электромагнита на магнитную, электромагнитную и немагнитную фракции.

Двойное лучепреломление ярко проявлено у исландского шпата. Заключается оно в разложении светового луча, проходящего через кристалл, на два преломленных луча, в результате чего получается двойное изображение предмета, расположенного под кристаллом (прил. 1, рис. 12).

Вкус минералов используется при диагностике растворимых в воде солей. Использовать это свойство можно лишь при уверенности в чистоте исследуемого образца, так как в институтских лабораториях минералы зачастую залиты кислотами, покрыты пылью и грязью разного рода.

По вкусу можно различить галит (соленый), сильвин (горько-соленый) и карналлит (горький).

Особое свойство (химическое) минералов связано с их химическим составом и заключается в выделении пузырьков углекислого газа при взаимодействии минералов с разбавленной (5-10%) HCl. Это свойство используется для диагностики минералов класса карбонатов, в различной степени взаимодействующих с HCl.

Наиболее легко – в твердом состоянии – вступает в реакцию кальцит: $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$. Доломит взаимодействует с кислотой только в порошке. Труднее проходит подобная реакция с сидеритом и магнетитом: оба они реагируют только с подогретой HCl, при этом взаимодействие с сидеритом приводит к образованию желтого осадка (FeCl_2), а с магнетитом – белого (MgCl_2).

Некоторые важные для диагностики физические свойства требуют применения специальных приборов, которые при проведении лабораторных занятий по общей геологии не используются. К таким свойствам относятся: удельный вес минералов, плотность, радиоактивность, растворимость, плавкость и некоторые другие.

Некоторые минералы легко диагностируются *на ощупь*: тальк, каолинит, нефелин и некоторые другие, так называемые жирные на ощупь.

2.1. Классификация минералов

По условиям образования минералы могут быть эндогенными и экзогенными. *Эндогенные минералы* образуются за счет внутренней энергии Земли в недрах планет – это связано с процессами магматизма и метаморфизма. *Экзогенные минералы* образуются на поверхности Земли, в атмосфере, гидросфере и верхней части земной коры. Все природные соединения, относимые к минералам, можно разделить также на неорганические и органические.

Органические минералы представляют собой различные соединения углерода, при этом карбонатные минералы и карбиды рассматриваются как неорганические. Органические минералы остаются относительно слабо изученными и весьма сложными по составу и строению. В настоящем учебном пособии они не рассматриваются.

Неорганические минералы классифицируются по химическому составу и особенностям кристаллической структуры, от которых зависят главные физические и химические свойства, описанные выше.

Контрольные вопросы

1. Что такое твердость минерала?
2. Какими подручными предметами можно определять твердость минералов?
3. Чем относительная твердость минерала отличается от его абсолютной твердости?
4. Назвать относительную твердость минералов в таблице Мооса.
5. Какое значение в диагностике минералов принадлежит их окраске?
6. Назвать минералы, которые всегда имеют одну и ту же окраску (разные оттенки).
7. Назвать минералы, обладающие разными окрасками.
8. Какие типы блеска бывают у минералов?
9. Что такое иризация?
10. Что такое побежалость? У каких минералов она проявлена?
11. Чем побежалость отличается от иризации?
12. Что такое спайность минералов?
13. Какие типы спайности бывают у минералов?
14. Как спайность минерала сочетается с изломом?
15. Какие типы излома бывают у минералов?
16. Какие минералы обладают магнитными свойствами?
17. Минералы какого класса взаимодействуют с соляной кислотой?
18. Как отличить кальцит от доломита и магнезита по их взаимодействию с соляной кислотой?
19. У какого минерала наблюдается двойное лучепреломление?
20. По каким признакам классифицируются минералы?

Глава III. Описание и классификация важнейших породообразующих и рудных минералов

В соответствии с учебной программой мы познакомимся со следующими классами неорганических минералов:

1. Самородные элементы и интерметаллические соединения.
2. Сульфиды.
3. Оксиды и гидроксиды.
4. Галоиды.
5. Кислородные соли:

карбонаты;

сульфаты;

фосфаты;

силикаты: островные, кольцевые, цепочные, ленточные, листовые и каркасные.

3.1. Класс самородных элементов и интерметаллических соединений

В земной коре в самородном виде встречается более 30 химических элементов, являющихся в основном металлами и газами, реже – жидкостями (самородная ртуть). К породообразующим из них можно отнести только графит и серу. Большинство остальных являются ценными полезными ископаемыми, не образующими заметных скоплений, однако их практическая значимость требует подробного ознакомления с ними.

Графит – C – название происходит от греческого слова «*графо*», что означает «*пишу*», благодаря его способности оставлять следы на светлых поверхностях (бумага и др.). Минерал относится к группе углерода, кристаллизуется в гексагональной сингонии, кристаллы в виде шестиугольных пластинок или табличек встречаются редко, часто образует тонкочешуйчатые агрегаты. Цвет графита от стально-серого до черного, черта черная блестящая, блеск металлоидный у кристаллических разновидностей и матовый – у скрытокристаллических, твердость 1, спайность совершенная по одному направлению. Особенностью графита является его жирность на ощупь. Он отличается высокой электропроводностью.

Разновидности графита: *шунгит* – аморфная разновидность; *графитит* – скрытокристаллическая разновидность.

Наиболее значимыми диагностическими разновидностями являются: черный цвет, жирность на ощупь, маленькая твердость и способность оставлять следы от соприкосновения со светлоокрашенными поверхностями.

Образуется графит в результате магматизма и метаморфизма. Его присутствие отмечено в составе пегматитов, гнейсов, в контактово-измененных карбонатных горных породах, иногда – в жильных образованиях. Известны месторождения графита, образованные из каменного угля и битуминозных горных пород.

Графит широко применяется в промышленности: в производстве карандашей и электродов; в качестве смазочного материала для трущихся частей механизмов, в других сферах деятельности.

Сера – S – самородный минерал, кристаллизуется в ромбической сингонии в виде пирамид, усеченных пирамид или ромботетраэдров. Наиболее часто встречается в виде землистых масс. Цвет – желтый разных оттенков, редко – бурый и черный (при содержании примеси углерода), черты не дает, блеск на гранях кристаллов алмазный, на изломе – жирный. В краях кристаллов просвечивает. Твердость 1-2, отличается повышенной хрупкостью, спайность несовершенная. Часто сера загрязнена включениями глинистого или органического вещества. Образуется при вулканических извержениях, при разложении пирита в нижней части зоны окисления сульфидных руд, при разложении гипсоносных пород, биохимическим путем в результате осаждения совместно с гипсами и битумами. Одной из характерных особенностей серы является ее слабые электро- и теплопроводность.

Из диагностических свойств наиболее показательны: характерный блеск, малая твердость и жирный блеск на поверхностях скола.

Образуется сера при вулканической и поствулканической деятельности и осадочным путем. При извержении вулканов может осаждаться на стенках кратеров или изливаться вместе с горячими водами. Например, на склоне вулкана им. Д. М. Менделеева в настоящее время продолжается образование кристаллов самородной серы в трещинах и пустотах поверхностных пород из выделяющихся и охлаждающихся газообразных веществ. Осадочное образование самородной серы может быть связано с разложением сульфидных минералов (прежде всего – пирита) или гипсов и ангидритов. Известен также биогеохимический способ образования серы в результате жизнедеятельности бактерий.

Применяется сера при производстве серной кислоты, спичек, фейерверков, а также в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями.

Крупнейшими из известных зарубежных месторождений серы являются среднеазиатские, в которых сера ассоциируется с нефтью, гипсами, кальцитом и другими минералами; месторождения Сицилии и США. Американские месторождения связаны с крупными соляными куполами.

В России крупное месторождение серы расположено в Поволжье.

Золото – Au – широко распространено в природе в самородном виде и известно человеку с древнейших времен. Часто имеет примеси Cu, Ag, Hg и др. Сингония кубическая; кристаллы октаэдрические, гексаэдрические и ромбододекаэдрические. Чаще встречается в виде мелких зерен (золотин) неправильной формы. Крупные зерна (весом более 5 мг) называют *самородками* (рис. 4). Цвет – от золотисто-желтого до бледно-желтого у серебристого золота; черта желтая блестящая; блеск металлический, на гранях кристаллов – тусклый. Твердость 2,5-3. Спайность отсутствует (весьма несовершенная). Ковкий, тягучий минерал с высокой тепло- и электропроводностью.

Главными диагностическими признаками являются: золотисто-желтый цвет; хорошая ковкость; большой удельный вес, благодаря которому оно при промывке остается в лотке совместно с другими минералами большого удельного веса (тяжелая фракция). Золото имеет сильный металлический блеск.

Образуется из магматических и постмагматических продуктов (гидротермальные растворы), чаще ассоциируется с сульфидами и кварцем. Промышленные месторождения золота гидротермальные (жильные) и россыпные.

Главную ценность золото представляет как валютный резерв многих стран. Оно широко используется для производства украшений, а также для изготовления разных приборов, в медицине (для изготовления зубных протезов) и т. д.

В России имеются крупные коренные и россыпные месторождения в Восточной Сибири, на Урале. Березовское месторождение представлено серией крупных кварцевых жил с самородным золотом в ассоциации с сульфидами. В Забайкалье коренные месторождения (Балейское, Дарасунское, Дмитриевское) связаны с кварцевыми жилами также в ассоциации с сульфидами и турмалином. В Республике Коми известны небольшие россыпные месторождения на Урале (Кожимское) и Среднем Тимане (Ичет-Ю и Кыввожское). В Ичетьюском месторождении установлены мелкие самородки (весом до 24 г, прил. 1, рис. 17), золото здесь ассоциируется с платиноидами.

Одним из крупнейших в мире является южно-африканское месторождение Витватерсранд, на котором золото связано с конгломератами.

Платина – Pt – относится к минералам платиновой группы (МПГ), в которой кроме платины содержатся Ir, Pd, Rh, Cu, Ni, Fe и другие элементы, образующие интерметаллические соединения. Железистая (ферроплатина) содержит до 28% Fe. Кристаллизуется минерал в кубической сингонии. Изредка встречаются кристаллы гексаэдрической и октаэдрической формы, иногда наблюдаются двойниковые сростания, чаще – зерна неправильной формы. Цвет – от

серебристо-белого до стально-черного, у палладистой платины – с желтым, у медистой – с бронзовым оттенком. Черта стально-серая блестящая, блеск металлический, твердость 3,5-5,5. Некоторые разновидности платиновых минералов отличаются своей магнитностью (ферроплатина, поликсен, некоторые разновидности медистой платины). Минералы группы платины электропроводны. Спайность отсутствует.

Платиноиды образуются в эндогенных условиях на магматической, гидротермальной стадиях в породах ультраосновного и основного состава, а также в процессе метаморфизма.

Областями использования платиноидов являются: ювелирная промышленность, изготовление лабораторной посуды и некоторых приборов.

Известны коренные месторождения и россыпи. Самый крупный самородок обнаружен в дунитах Нижнетагильского ультраосновного массива, вес его составил почти 9,5 кг. Очень часто в россыпях платина ассоциируется с золотом. На Кыввожском месторождении Тимана содержание минералов платиновой группы составляет 1-2% от содержания золота. В таких же примерно соотношениях минералы платины выявлены в других тиманских россыпях.

Алмаз – С. Название произошло от греческого слова «*адамас*» – «непреодолимый» – из-за его высокой твёрдости. Относится, как и графит, к группе углерода. Кристаллизуется в кубической сингонии, образует октаэдрические, додекаэдрические, редко гексаэдрические кристаллы, часто кривогранные формы (рис. 5). Он может быть бесцветным, голубым, желтым, бурым, черным. Блеск алмаза – сильный алмазный, спайность – средняя, относительная твердость – 10. Отмечается слабая электропроводность минерала.

Главными диагностическими признаками являются: высокая твердость, алмазный блеск, способность к люминесценции в голубых и зеленых тонах.

Алмаз генетически связан с глубинными горными породами ультраосновного состава и образуется в кимберлитах, лампроитах, туффизитах при высоких температурах и давлении в ассоциации со своими генетическими спутниками: пиропами, хромдиопсидами и хромшпинелидами.

Прозрачные крупные алмазы применяются в ювелирной промышленности, непрозрачные и мелкие используются для технических целей (камне-, металлообработка и др.). Для технических целей используются также искусственные алмазы.

Известны россыпные скопления алмазов. На севере России открыты коренные месторождения (Якутия, Архангельская область). На территории Республики Коми известно небольшое россыпное месторождение Ичет-Ю, из которого в опытном порядке извлечено в конце XX века более 100 алмазов, некоторые из них весом

более 1 карата (прил. 1, рис. 18). Тиманские алмазы отличаются высокими ювелирными качествами. Их коренные источники пока не обнаружены.

Наиболее крупными являются коренные месторождения Южной Африки, связанные с кимберлитами. Из россыпных месторождений зарубежья разрабатываются месторождения в Бразилии, Индии и Южной Африке.

3.2. Класс сульфидов

Сульфиды представляют собой сернистые соединения элементов. Все они являются твердыми минералами, за исключением газообразного сероводорода. Сульфиды обладают металлическим блеском, в большинстве своем являются рудами металлов (галенит, сфалерит, халькопирит, молибденит и др.).

Класс сульфидов включает в себя несколько групп минералов (пирита, халькозина, халькопирита и др.). В настоящем учебном пособии приводятся сведения о таких наиболее распространенных в природе сульфидах, как пирит, марказит и халькопирит.

К группе пирита относятся такие минералы, как: марказит, кобальтин, арсенопирит и др. Эти минералы обладают наиболее высокой твердостью среди всех сульфидов, характеризуются отсутствием спайности и слабой электропроводностью.

Пирит – FeS_2 – является весьма широко распространенным минералом. Его называют также серным или железным колчеданом. В переводе с греческого языка пирит – «*пирос*» – обозначает «огонь».

Кристаллизуется пирит в кубической сингонии, кристаллы имеют гексаэдрическую (прил. 1, рис. 14), пентагондодекаэдрическую и октаэдрическую форму. Широко развиты сплошные агрегатные массы, конкреции и секретиции пирита. Кристаллы пирита имеют штриховку на гранях, ориентированную параллельно ребрам кристаллов.

Цвет соломенно-желтый или латунно-желтый, иногда с пестрой побежалостью на поверхности. Цвет черты буроватый или зеленовато-черный. Блеск сильный металлический, спайность отсутствует (весьма несовершенная), излом неровный, редко – раковистый, твердость 6-6,5. Пирит отличается некоторой хрупкостью.

Основные диагностические свойства заключаются в соломенно-желтом цвете, кубической форме кристаллов, штриховке граней и относительно высокой твердости, позволяющей, в отличие от других минералов-сульфидов, царапать стекло.

Образуется пирит при эндогенных и экзогенных процессах. Магматогенный наблюдается в виде вкрапленности в разных по составу магматических горных породах. В них пирит образует также псевдоморфозы по другим магма-

тогенным минералам: пириту, магнетиту, гематиту. Он практически постоянно присутствует в гидротермальных образованиях и вмещающих их породах. Образуется пирит и при контактовом метаморфизме, являясь одной из главных составных частей скарнов. Очень широко распространен пирит и в осадочных горных породах разного состава: терригенных и карбонатных. В последних он образует конкреции, сплошные и прерывистые оторочки конкреций прочего состава (карбонатного, глинистого, силицитового), а также секретиции по органическим остаткам (раковинам). В глинистых отложениях с обугленными растительными остатками часто встречаются причудливой формы конкреции, замещающие углистое вещество. Гелеподобная или сажистая бесструктурная разновидность пирита носит название *мельниковита*.

Главной областью применения пирита является получение серной кислоты. При этом отходы сернокислотного производства используются в качестве железной руды или для изготовления красок.

В России самые крупные месторождения пирита известны на Урале. На Березовском золоторудном месторождении обнаружены гигантские кристаллы пирита весом до 32 кг.

Марказит – FeS_2 – название произошло от древнеарабского слова, означавшего «огонь». Кристаллизуется он, в отличие от пирита, в ромбической сингонии, образуя кристаллы таблитчатой формы. Чаще встречается в виде копьевидных кристаллов или гребенчатых сростков и радиально-лучистых агрегатов. В бассейне р. Айювы (в районе г. Сосногорска) наблюдается в виде сростков с пиритом в конкрециях причудливой формы (прил. 1, рис. 3).

Цвет латунно-желтый с серым или зеленоватым оттенком. Черта зеленовато-серая, блеск тусклый металлический, твердость 5-6, отличается хрупкостью, спайность несовершенная.

Главными диагностическими признаками являются: форма кристаллов (копьевидные, таблитчатые, в отличие от кубических пирита), зеленоватый цвет в свежем сколе.

Образуется в эндогенных условиях и при экзогенных процессах. Встречается в виде мелкой вкрапленности в магматических горных породах разного состава как вторичный, образованный в гидротермальную стадию. Гидротермальный марказит распространен также в жильных образованиях и вмещающих их породах. Известны случаи образования марказита совместно с другими сульфидами в результате контактового метаморфизма. Широко распространен он и в осадочных горных породах, где образует конкреции неправильной формы, часто совместно с пиритом (например в среднеюрских глинах

Южного Тимана). Образование марказита в осадочных горных породах связывается с процессами разложения органического вещества без доступа кислорода. На Южном Тимане свидетельством этого является приуроченность конкреций пирит-марказитового состава к скоплениям обугленных растительных остатков.

Используется он, как и пирит, для получения серной кислоты.

Крупные скопления образует редко. Месторождения марказита известны на Среднем и Южном Урале, в Новгородской области; за рубежом – в Германии (гидротермальные).

Халькопирит – CuFeS_2 – относится к сложным сульфидам. Название произошло от греческих слов «халькос» – «медь» и «пирос» – «огонь». Он кристаллизуется в тетрагональной сингонии с образованием кристаллов октаэдрической, тетраэдрической или скаленоэдрической формы. Кристаллы формируются только в пустотах горных пород и образуют часто друзы. Встречаются двойники за счет двух сросшихся тетраэдров. Чаще встречается в сплошных массах.

Цвет латунно-желтый, иногда, в мелкокристаллических массах, зеленоватый, часто дает пеструю побежалость. Черта зеленовато-черная, блеск сильный металлический, твердость 3-4, хрупкий, спайность несовершенная.

Основные диагностические признаки: латунно-желтый цвет в сочетании с малой твердостью, что отличает его от похожего по внешнему облику пирита.

Образуется при эндогенных процессах и встречается в магматических горных породах основного состава в ассоциации с магнетитом, пентландитом и другими магматогенными минералами. В постмагматических образованиях (гидротермальных, пневматолитово-гидротермальных) является одним из наиболее распространенных минералов в ассоциации с пиритом, пирротинном, а также другими рудными минералами. В осадочных горных породах встречается очень редко, замещая в условиях сероводородного заражения обугленные древесные остатки. Примером такого халькопирита являются глины и песчаники в бассейне р. Цильмы на Среднем Тимане. Причудливой формы конкреционные образования этого района в древние века служили сырьем для получения меди.

Халькопирит является одним из важнейших рудных минералов меди, которая широко применяется в электропромышленности, судостроении, изготовлении различных аппаратов, лабораторных приборов, во многих других областях.

Месторождения меди с халькопиритом широко известны на планете. В России они располагаются на Урале и в Кузнецком Алатау, в ближнем зарубежье крупные месторождения известны в Казахстане. Из зарубежных можно назвать месторождения в США, Южной Америке (Чили) и в Африке (Конго и Родезии).

3.3. Класс окислов (оксидов) и гидроокислов (гидроксидов)

Окислы (оксиды) являются очень твердыми минералами, обладают высокой химической стойкостью, низкой растворимостью, тугоплавкостью. Гидроокислы (гидроксиды) имеют сложные кристаллические структуры со значительно менее прочными решетками и, соответственно, имеют меньшую твердость и большую способность расщепляться по плоскостям спайности. К классу окислов относятся лед и вода, образующиеся на поверхности Земли и различающиеся по физическому состоянию.

Мы познакомимся с окислами кремния (кристаллическими, скрытокристаллическими и аморфными), железа и алюминия.

Кварц – SiO_2 – является одним из самых распространенных минералов в природе. Высокотемпературный кварц (β -кварц) кристаллизуется в гексагональной сингонии, низкотемпературный (α -кварц) – в тригональной сингонии. Кристаллы кварца имеют форму гексагональных дипирамид, часто в кристаллах низкотемпературного кварца различаются грани призм, ромбоэдров, тригональных и гексагональных дипирамид, тригональных трапецоэдров и др. Кварц часто образует друзы с крупными кристаллами или щетки мелких кристалликов, встречается в моно- и полиминеральных конкрециях. Известны одиночные кристаллы кварца весом до 1 т и более. Встречаются и двойники кристаллов кварца.

Цвет порообразующего кварца чаще всего молочно-белый, светло-серый или бесцветный (прозрачный). Может содержать газообразные, жидкие и твердые включения (H_2O , CO_2 , кристаллики рутила и других минералов). Черты кварц не дает благодаря своей высокой твердости, блеск стеклянный на поверхности граней, жирный на свежем изломе (сколе). Твердость 7, спайность отсутствует. Иногда грани роста кристаллов можно ошибочно принять за плоскости спайности (рис. 3). Преобладает в виде эндогенных образований, значительно реже образуется при экзогенных процессах в результате дегидратации и раскристаллизации гелей кремнезема.

Существуют различные бесцветные и цветные разновидности кварца, среди которых наиболее распространены: горный хрусталь, аметист, раухтопаз, морион.

Аметист – SiO_2 – фиолетовый (прил. 1, рис. 1,1), часто прозрачный кварц, полудрагоценный камень. Образует друзы, щетки, отдельные кристаллы и сплошные массы. Используется в ювелирных изделиях.

Известны своей красотой уральские и особенно бразильские аметисты. На Северном Тимане встречается в виде друз в полиминеральных секрциях, выполняет центральную часть таких секрций. Наиболее интересные аметистовые друзы чаще встречаются в бассейне р. Светлой.

Горный хрусталь – SiO_2 – водяно-прозрачный (прил. 1, рис. 10б, 11), бесцветный кварц, обладающий пьезооптическими свойствами. Образует хорошие одиночные кристаллы и друзы кристаллов, мелкие щетки.

Используется для изготовления оптических приборов, в радиотехнике, дефектные кристаллы – для выплавки специальных кварцевых стекол и искусственного хрусталя, в качестве высококачественного абразивного материала.

Месторождения горного хрусталя известны и разрабатываются на Полярном и Приполярном Урале.

Раухтопаз – SiO_2 – дымчатый кварц, окрашенный в серые или буроватые тона, прозрачный. Образует хорошие кристаллы и друзы. Используется как полудрагоценный и поделочный камень в ювелирной промышленности.

Морион – SiO_2 – полупрозрачный черный (прил. 1, рис. 5) или темно-коричневый кварц, обесцвечивающийся при нагревании. Как и все выше охарактеризованные прозрачные, красиво окрашенные разновидности кварца, морион используется в ювелирном деле.

Существуют и другие разновидности кварца, которые встречаются значительно реже. Из них можно отметить такие, как зеленый прозрачный кварц – *празем*; золотисто- или лимонно-желтый – *цитрин*; «мерцающий» желтоватый или буровато-красный – *авантюрин* (содержащий мельчайшие включения других минералов); с переливающимися оттенками зеленого непрозрачный – *кошачий глаз*; с оттенками синего цвета – *соколиный глаз* и оттенками золотистого или золотисто-желтого цвета – *тигровый глаз*.

Главными диагностическими свойствами кварца являются: высокая твердость, раковистый излом и весьма несовершенная спайность (полное отсутствие спайности, чаще неровный излом-скол).

Образуется кварц в самых разных условиях. Он входит в состав кислых и средних магматических горных пород, образуясь в результате остывания и раскристаллизации кислой, в меньшей степени – средней магмы. Кварц является одним из главных породообразующих минералов гидротермального происхождения в ассоциации с другими минералами: пиритом, халькопиритом, кальцитом, слюдами и др. При метаморфизме он образуется в результате обезвоживания опалов.

При экзогенных геологических процессах кварц является продуктом дегидратации и раскристаллизации гелей кремнезема. Он может заполнять существующие пустоты в горных породах осадочного или магматогенного происхождения, образовывать конкреции (стяжения) в процессе преобразования осадка (карбонатно-кремнистого, например) в осадочную горную породу (в

процессе диагенеза). Такие конкреции на Южном Тимане, в Ухтинском районе наблюдаются в девонских породах доманиковой свиты, а секретиции – в карбонатных породах сирачойской свиты.

На планете установлено очень много месторождений кварца разного происхождения. Наиболее крупные из них находятся в пределах Среднего, Северного и Среднего Урала, в Забайкалье, на Алдане. В ближнем зарубежье кварцевые месторождения имеются в Украине, среднеазиатских государствах, Грузии. В дальнем зарубежье они эксплуатируются в Бразилии, Уругвае, Индии, на Мадагаскаре, в Швейцарских Альпах.

Наряду с кристаллической формой кремнезем образует полукристаллические и аморфные минералы: халцедон и опал.

Халцедон – SiO_2 – скрытокристаллический минерал, обладающий волокнистым строением и многочисленными примесями, благодаря которым имеет много разновидностей, часто концентрически-зонального строения: *сапфирин* – синеватый; *карнеол* или *сердолик* – бледно-розовый до красного; *плазма* – зеленый; *хризопраз* – яблочно-зеленый; *сардер* – бурый, коричневый. Черты этот минерал не дает. Твердость его 6,5, блеск мутно-жирный, матовый, спайность отсутствует. Сильно загрязненными примесями халцедонами сложены *яшмы*, *кремни* и *роговики*.

Агат – SiO_2 – полосчатая разновидность халцедона. Грубо полосчатый агат называется *ониксом*. Контрастность и красота рисунков и окрасок в агатах делают их ценными поделочными камнями. Среди разновидностей агата можно отметить *моховики*, насыщенные хлоритом, и *гелиотропы* – зеленые халцедоны, пронизанные ярко-красными пятнами. Агат имеет полосчатое строение, чаще выраженное чередованием прозрачных и белых полос. Встречаются и другие сочетания окрасок агатов: черного и белого цветов – *арабский оникс*; красного и белого – *карнеолоникс*; белого с бурым – *сардоникс* и др. (прил. 1, рис. 1).

Опал – $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – аморфный минерал, твердый гидрогель. Различают *благородный опал* – опалесцирующий прозрачный минерал, *гидрофан* – пористый, мутный в сухом состоянии и прозрачный в воде, *гиалит* – натечные формы или шаровидные сферолиты. Переходной формой от халцедона к опалу является *кахчолонг* – белый халцедон. Опал имеет белый, желтый, розовый, зеленый, черный, синий, бурый цвета благодаря входящим в их состав примесям (железо, хром и др.). Он полупрозрачен (прил. 1, рис. 13), черты не дает, обладает твердостью от 5,5 до 6 и высокой хрупкостью. Блеск опала стеклянный, но может быть также восковым или вообще матовым. Спайность отсутствует, излом часто раковистый или неровный.

Главными диагностическими свойствами являются: более низкая твердость по сравнению с похожим на него халцедоном, от других минералов отличается стекловидным обликом и натечными формами.

Опал – важная составная часть некоторых организмов (губки, диатомеи, радиолярии и проч.).

Образуется опал из гейзеров (гейзерит) в виде натечных форм и при гидротермальных процессах, но главная роль при его образовании принадлежит процессам выветривания горных пород и накопления его в прибрежной мелководной зоне морей (опоки, трепелы, диатомиты и проч.).

Красиво окрашенные прозрачные разновидности кварца, халцедона и опала применяются в качестве поделочных камней.

Магнетит – $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ – кристаллизуется в кубической сингонии, образуя октаэдрические и ромбододекаэдрические кристаллы. Грани кристаллов часто имеют штриховку, образованную линиями, параллельными длинным диагоналям ромбических граней. Чаще встречается в сплошных зернистых массах или в виде вкрапленности в магматических горных породах, известен также в метаморфических породах. Минерал сильно магнитен. Цвет железно-черный, иногда заметна синеватая (иссиня-черная) побежалость, черта черная, блеск тусклый металлический. Твердость 5,5-6, спайность отсутствует.

Главными диагностическими свойствами магнетита являются его магнитность, черная черта и октаэдрический облик кристаллов.

Образуется магнетит в эндогенных условиях (магматический, метаморфический, гидротермальный). Магматический магнетит связан с породами основного состава (габбро). Широко распространен он также в контактово-метаморфических горных породах. В пределах Среднего Тимана хорошо раскристаллизованный магнетит широко распространен в метаморфических горных породах, приуроченных к зонам тектонических нарушений.

Гидротермальный магнетит ассоциируется с минералами класса сульфидов. В экзогенных условиях исключительно редок и образуется в морских условиях в восстановительной обстановке.

Магнетит является одним из важнейших железорудных минералов. Из магнетитовых железных руд выплавляют чугун и сталь.

Крупнейшие месторождения находятся на Урале (горы Магнитная, Благодать), в центре России (КМА), в Украине (Криворожское месторождение), США, Нигерии и других странах.

Гематит – Fe_2O_3 . Название произошло от греческого слова «гематикос», что означает «кровавый». Кристаллизуется гематит в тригональной сингонии,

образует пластинчатые, таблитчатые и ромбоэдрические кристаллы (ромбоэдры, пинакоиды, гексагональные дипирамиды и др.). Часто встречается в сплошных скрытокристаллических массах и почковидных натечных формах с радиально-лучистым строением, иногда в чешуйчатых или пластинчатых (листоватых) агрегатах. В качестве примеси присутствует в разных минералах, являясь хромофором, окрашивающую содержащую его горную породу в оттенки красного цвета (яшмы, мраморы и т. д.).

Цвет от стально-серого до черного, землистые массы бурые или ярко-красные. В тонких пластинках просвечивает красным цветом. В редких случаях отмечается синяя побежалость. Черта вишнево-красная или красно-бурая, блеск от тускло-металлического до металлического, твердость 5,5-6, спайность весьма несовершенная. Иногда отмечается хорошая отдельность по октаэдру.

Диагностируется по вишнево-красной черте и высокой твердости, а также по октаэдрической форме кристаллов.

Образуется при эндогенных процессах и при дегидратации гидроокислов железа, а также при окислении магнетита. Встречается в составе магматических горных пород кислого состава, гидротермальных образованиях, в качестве продуктов вулканизма (на стенках кратеров вулканов), при химическом выветривании (как результат дегидратации первичных гидроокислов железа). Может образовываться и при окислении магнетита.

Наряду с магнетитом является важнейшим минералом железорудных месторождений, сырье которых используется для выплавки чугуна и стали. Порошковатые разновидности гематита используются в качестве красителя, для изготовления красной краски и красных грифелей карандашей.

Крупнейшие месторождения известны на Северном и Среднем Урале, КМА, в Украине (Кривой Рог), США и Бразилии.

Лимонит – $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – кристаллизуется в ромбической сингонии со столбчатыми и игольчатыми кристаллами, встречаются коленчатые двойники, чаще образует натечные формы или сплошные шлаковидные и порошковидные массы. Цвет темно-бурый, ржаво-бурый, иногда до черного, черта желто-бурая, блеск тусклый металлический или матовый. Блеск полуметаллический (тусклый металлический), иногда – алмазный. Твердость 1-4 (от порошковатых до плотных масс), спайность отсутствует, излом землистый.

Диагностируется по окраске, желтой и бурой черте, натечным формам.

Образуется в основном в экзогенных условиях (в зонах окисления сульфидных руд, в морских и озерных условиях), реже при гидротермальных про-

цессах. Лимонит является одним из важнейших минералов наиболее экономичных железных руд.

Из известных месторождений в России наибольшее значение имеют месторождения лимонитовых руд Южного Урала, бурых железняков в Липецкой области и на Керченском п-ове (Украина).

Корунд – Al_2O_3 – кристаллизуется в тригональной сингонии, кристаллы бочонковидные, столбчатые, пирамидальные и пластинчатые. Цвет синевато- и желтовато-серый, может образовывать прозрачные кристаллы, являющиеся драгоценными камнями: синие – *сапфир*, бесцветные – *лейко-сапфир*, красные – *рубин*. Более редкие разновидности корунда: фиолетовый – «восточный аметист», желтый – «восточный топаз», зеленый – «восточный изумруд». Кроме названных, встречается так называемый «звездчатый корунд», который обладает опалесценцией, выражающейся в форме шестилучевой звезды. Черты не дает, блеск стеклянный, твердость 9. Спайность весьма несовершенная (практически отсутствует). Образует полисинтетические двойники.

Главными диагностическими свойствами являются: высокая твердость, бочонковидная и столбчатая форма кристаллов.

Образуется при магматических и метаморфических процессах. Магматический корунд связан с высокоглиноземистыми породами: корундовыми сиенитами, анортозитами и пегматитами. Образуется корунд также при контактовом и региональном метаморфизме. На Среднем Тимане корундиты известны в связи с бокситами в зоне их контакта с породами основного состава. Используется как абразивный материал и драгоценный камень в ювелирном деле.

Известны крупные месторождения корунда на Урале, в Казахстане, Индии, Бирме, Сиаме.

3.4. Класс галоидов

Минералы этого класса являются солями $HC1$, HF , HBr , HI , образующими осадочные залежи. В зависимости от исходной кислоты к этому классу минералов относятся хлориды, фториды, бромиды и иодиды. Они характеризуются внутренними структурами с типичной ионной связью.

В настоящем учебном пособии рассматриваются только соли соляной кислоты, то есть хлориды (галит, сильвин и карналлит), а также один представитель фторидов – флюорит.

Галит – $NaCl$ – кристаллизуется в кубической сингонии с образованием кубических кристаллов. Название минерал получил от греческого слова «галос» – «море, соль». Может образовывать крупные друзы кристаллов, но чаще встречается в рыхлых или плотных кристаллически-зернистых корках и пластинах в водоемах.

Часто галит прозрачен и бесцветен, бывает белым. Иногда хромофорами окрашен в серый, желтый, красный и черный цвета, а на участках сильной деформации – в синий цвет. Блеск стеклянный на гранях и жирный на выветрелых поверхностях. Твердость 2, спайность весьма совершенная по трем направлениям (по кубу). На вкус минерал соленый, слабо проводит электрический ток, но обладает высокой теплопроводностью, слабо гигроскопичен. Образуется экзогенными процессами при осаждении в соленых озерах.

Главными диагностическими свойствами галита являются: соленый вкус, совершенная спайность по кубу и высокая растворимость в воде.

Применяется галит в качестве пищевого и консервирующего средства. В химической промышленности он является сырьем для производства соляной кислоты, металлического натрия, а также в черной и цветной металлургии, в электротехнике.

Крупнейшие месторождения известны в Соликамске, на оз. Баскунчак, в Украине, Польше и Северной Индии. В Республике Коми известно крупное Сероговское месторождение.

Сильвин – KCl – кристаллизуется в ромбической сингонии с образованием кубических кристаллов, часто сдвойникован. Наблюдаются кубические кристаллы, у которых по углам выражены грани октаэдров. Цвет водяно-прозрачный, молочно-белый, бывает розовым и ярко-красным. Блеск стеклянный на гранях кристаллов, жирный – на выветрелой поверхности. Вкус горько-соленый, жгучий. Легко растворяется в воде и присоединяет влагу атмосферы (гигроскопичен). Твердость 1,5-2, обладает высокой хрупкостью, хорошо проводит тепло, обладает более высокой гигроскопичностью по сравнению с галитом, часто находится в тесном срастании с ним.

Главным диагностическим свойством сильвина является его горько-соленый вкус, чем он отличается от похожего на него галита.

Образуется в испаряющихся соленых озерах, но встречается реже галита, слагая, как правило, верхние части соляных залежей, так как из рассолов сильвин выпадает на завершающей стадии осадконакопления.

Применяется сильвин в качестве калийного удобрения. Незначительная часть его идет на приготовление различных соединений калия (KBr , KJ и др.) для химической, медицинской промышленности, фотографии, стекольного производства и т. д.

Крупные месторождения: Соликамское, за пределами России – в Германии и Франции.

Карналлит – $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – кристаллизуется в ромбической сингонии, кристаллы исключительно редки, образует сплошные зернистые массы.

Цвет розовый и красный, бурый и желтый, связанный с тонкими включениями оксидов и гидроксидов железа. Чистые разности бесцветны. Блеск на свежих изломах стеклянный, от атмосферной влаги быстро становится жирным. Обладает очень высокой степенью гигроскопичности, хорошо наблюдаемой в лабораторных условиях или в любых помещениях в осенний период. После включения отопительной системы ранней осенью в ванночках под образцами с карналлитом из усвоенной из атмосферного воздуха и насыщенной солью влаги кристаллизуются мелкие кубические кристаллики. Твердость минерала 2-3, спайность отсутствует.

Главным диагностическим свойством карналлита является его высокая гигроскопичность.

Образуется, как и галит с сильвином, в соленых озерах, обогащенных магнием и калием. Применяется в качестве комплексного удобрения, для производства металлического магния для сплавов с алюминием, также получения брома для медицинских целей.

Месторождения: в России – Соликамское, за ее пределами – в Западной Украине и Германии.

Флюорит (плавиковый шпат) – CaF_2 – также относится к классу галоидов, но является солью HF и является в основном продуктом гидротермальных процессов, хотя в небольших количествах может быть и экзогенным образованием. Название минерал получил от латинского слова «*флюорум*», обозначающего химический элемент «*фтор*».

Кристаллизуется в кубической сингонии и образует гексаэдры, октаэдры и додекаэдры, часто встречаются двойники флюорита.

Цвет пестрый: желтый, зеленый, фиолетовый (прил. 1, рис. 5, 8), голубой, редко бесцветный. При нагревании окраска исчезает и возвращается при облучении рентгеновскими лучами. Блеск стеклянный, черта белая, твердость 4, спайность совершенная по октаэдру. Отличается свойством флюоресценции (светится фиолетовым цветом с синевато-зеленоватым оттенком под действием катодных лучей).

Диагностическими свойствами флюорита являются: кубическая, октаэдрическая и додекаэдрическая форма кристаллов, средняя твердость (4), тусклый стеклянный блеск и флюоресценция.

Флюорит образуется при гидротермальных процессах, в меньшей степени осадочным путем, но при этом не создает крупных скоплений (месторождений).

Флюорит используется в металлургической промышленности для получения легкоплавких шлаков. Применяется он и для получения плавиковой кислоты, изготовления различных эмалей, а в оптике – для изготовления специальных линз.

Месторождения известны в Забайкалье (месторождение Калангуй), Московской (близ г. Вереи), Тверской (р. Осуга) областях, на севере европейской части России (Амдерминское месторождение).

Кислородные соли

Кислородные соли включают соли кислородных кислот и представлены классами карбонатов, сульфатов, фосфатов и силикатов. Особенностью этих минералов является присутствие в их кристаллических структурах комплексных анионов $[\text{CO}_3]^{2-}$, $[\text{PO}_4]^{3-}$, $[\text{SO}_4]^{2-}$ и т. д.

Карбонаты являются солями H_2CO_3 и отличаются от других солей способностью взаимодействовать с HCl . Степень взаимодействия позволяет различать основные минералы этого подкласса.

3.5. Класс карбонатов

Карбонаты – это минералы – соли угольной кислоты. Они отличаются от других солей своей способностью взаимодействовать с HCl . По степени взаимодействия с ней минералы этого класса уверенно отличаются один от другого.

Кальцит (известковый шпат) – CaCO_3 – кристаллизуется в тригональной сингонии и образует ромбоэдры, скаленоэдры, таблитчатые, призматические и столбчатые кристаллы. Часто встречается в крупнозернистых агрегатах, натечных формах, друзах причудливой формы (прил. 1, рис. 8) и щетках.

Кальцит имеет белый, серый, желтый, голубой, розовый, красный, бурый и черный цвета. Прозрачная бесцветная разновидность называется *исландским шпатом*, характеризующимся двойным лучепреломлением (прил. 1, рис. 12), на чем основано его применение в оптике, черта белая, блеск стеклянный.

Твердость 3, спайность совершенная по трем направлениям. Реагирует с соляной кислотой в твердом состоянии с бурным выделением CO_2 .

Главные диагностические свойства: ромбоэдрическая форма кристаллов, легко царапается стальной иглой и бурно вскипает от взаимодействия с соляной кислотой в твердом состоянии.

Образуется кальцит при эндогенных процессах: в пегматитах, при гидротермальном процессе, контактовом метаморфизме и поствулканических процессах, а также является продуктом химического выветривания, карстовых процессов и осадка морей.

Исландский шпат применяется в оптической промышленности при изготовлении поляризационных микроскопов и других приборов. Известняки, состоящие из кальцита, используются в химической промышленности при производстве извести, в сахарной и металлургической промышленности, для производства цемента и т. д.

Крупные месторождения исландского шпата известны в Сибири (Нижняя Тунгуска и др., в связи с эффузивными горными породами), Белгородской области, государствах Средней Азии, в Исландии. В Архангельской области и Республике Коми небольшие месторождения кальцита связаны с девонскими базальтами, совместно с агатами они выполняют полости в базальтах.

Доломит – $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ – кристаллизуется в тригональной сингонии. Кристаллы часто имеют форму ромбоэдров, иногда сдвойникованных, встречаются в виде полисинтетических двойников. Обычно доломит образует кристаллически-зернистые агрегаты.

Цвет доломита серый, белый, иногда с оттенками бурого, желтого и серого, черта белая. Блеск стеклянный, твердость 3,5-4, хрупкий, спайность совершенная по трем направлениям. В отличие от ровных плоскостей спайности кальцита, плоскости спайности доломита неровные, искривленные.

Диагностические признаки доломита: повышенная, по сравнению с кальцитом, часто похожим на него, твердость; с соляной кислотой взаимодействует только в порошке или при повышенной температуре.

Образуется доломит, главным образом, при экзогенных процессах, в результате осаждения в водных соленосных бассейнах или доломитизации других карбонатных осадков. Встречается также в жильных гидротермальных породах. Доломиты применяются в качестве строительного камня, огнеупорного материала, в химической промышленности.

Наиболее известны месторождения доломитов на Урале, в Поволжье и в Украине (Донбасс).

Сидерит – FeCO_3 – кристаллизуется, как и кальцит, в тригональной сингонии, образуя ромбоэдрические кристаллы, часто искривленные и с седловидными изгибами. В агрегатах сидерит имеет скрытокристаллическое строение, отмечается также радиально-лучистое строение агрегатов. Название произошло от греческого слова «*сидерос*» – «железо».

Цвет сидерита желтовато-белый и серый. При окислении железа он приобретает бурый, иногда ржаво-бурый цвет. Блеск стеклянный, черта белая, твердость 3,5, иногда до 4,5. Спайность совершенная. Главным диагностическим признаком сидерита является характер его взаимодействия с соляной кислотой – взаимодействует только в нагретом состоянии.

Образуется при гидротермальных и метасоматических процессах, а также при осаждении в лагунах и прибрежной зоне морей при недостатке кислорода (в восстановительных условиях).

Месторождения сидерита известны на Урале (Бакальское), в Украине (Керченское месторождение), в Австрии, Испании, Германии и Великобритании.

Магнезит – $MgCO_3$ – кристаллизуется в тригональной сингонии. Название минералу дано по названию местности *Магнезия* в Греции. Образует чаще крупнозернистые агрегаты или фарфоровидные метаколлоидные массы. Кристаллы имеют ромбоэдрическую форму, что встречается значительно реже.

Цвет магнезита белый и серый, блеск стеклянный и матовый у фарфоровидных разновидностей, черта белая. Твердость 4-4,5, спайность совершенная, у фарфоровидного белого магнезита раковистый излом.

Диагностические свойства: как и сидерит, взаимодействует с соляной кислотой в нагретом состоянии, но при этом образуется белый осадок (при взаимодействии с сидеритом – желтый, бурый).

Образуется магнезит при гидротермальных процессах и при выветривании магматических горных пород ультраосновного состава, а также при осаждении совместно с солями (в лагунах, заливах морей).

Является сырьем для огнеупорного кирпича в металлургической промышленности, для изготовления абразивов, изоляторов и т. д.

Наиболее известны месторождения на Южном Урале (Саткинское), Дальнем Востоке, в Австрии, Китае и других местах.

3.6. Класс сульфатов

Сульфаты распространены в природе очень широко. Среди них различают водные и безводные формы. Образование сернистых солей происходит в условиях повышенного содержания кислорода при относительно низких температурах, т. е. вблизи земной поверхности. Всего известно около 20 минералов этого класса, наиболее распространенными среди которых являются барит ($BaSO_4$), целестин ($SrSO_4$), ангидрит ($CaSO_4$), гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), ярозит ($KFe_3[SO_4]_2[OH]_6$), алунит ($Ka_3[SO_4]_2[OH]_6$).

В учебном пособии приводятся сведения о самых распространенных минералах этого класса: ангидрите и гипсе.

Ангидрит – $CaSO_4$ – кристаллизуется в ромбической сингонии и образует таблитчатые или призматические кристаллы, встречающиеся исключительно редко. Более распространен ангидрит в сплошных зернистых массах.

Цвет белый, часто с голубым оттенком, серый, иногда красноватый. Блеск стеклянный у кристаллических разновидностей и жирный у зернистых масс. Черта белая, твердость 3-3,5. Спайность у кристаллического ангидрита совершенная и средняя, у зернистых разновидностей – неровный излом. Образуется при осаждении в лагунах и заливах морей, часто встречается в соляных месторождениях.

Главные диагностические признаки: от похожего на него магнезита отличается голубыми оттенками и небольшой твердостью (3-3,5). С соляной кислотой взаимодействует слабо, но без выделения CO_2 .

Образуется в качестве осадка засоленных лагун, в большинстве случаев ассоциируется с гипсами, в которые он переходит в поверхностных условиях в результате гидратации (обводнения). Отмечен гидротермальный и контактово-метасоматический ангидрит. Может образовываться при обезвоживании толщ гипсов.

Месторождения известны в Западном Приуралье, Архангельской, Вологодской, Самарской, Нижегородской областях.

Гипс – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – кристаллизуется в моноклинной сингонии. Кристаллы его имеют таблитчатую, реже призматическую и столбчатую форму, часты двойники, наиболее распространенными среди которых является так называемый «ласточкин хвост». В пустотах образует друзы, но преобладают тонковолокнистые и тонкокристаллические агрегаты. Волокнистый гипс называют селенитом или лунным камнем.

Цвет белый, розовый (прил. 1, рис. 7), желтый, красный, бурый и черный. Черта белая, блеск стеклянный на гранях кристаллов, перламутровый на поверхностях спайности, тусклый до жирного у зернистых масс, шелковистый у волокнистых. Твердость 1,5, спайность весьма совершенная. Хорошо растворяется в воде.

Диагностические признаки: совершенная спайность, двойники в виде «ласточкиного хвоста», низкая твердость (царапается ногтем), для волокнистых разновидностей – форма кристаллов.

Образуется осадочным путем в соленых озерах и лагунах, при гидратации ангидрита, в коре выветривания, редко встречается гидротермальный гипс.

Распространен шире, чем ангидрит. Наиболее крупными месторождениями в Республике Коми являются Ижемское, Седьюское и Пость-Вежавожское (Южный Тиман), Мыльское (Средний Тиман). Вместе с ангидритом гипс известен в Западном Приуралье, Башкирии, Татарии, Архангельской, Вологодской, Нижегородской областях, на Северном Кавказе, в Туркмении, Узбекистане и других странах.

3.7. Класс фосфатов

Фосфаты распространены в земной коре значительно меньше, чем карбонаты и сульфаты. Как и сульфаты, они могут быть водными или безводными соединениями.

Из водных фосфатов наиболее известна бирюза $\text{CuAl}_6[\text{PO}_4]_4[\text{OH}]_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, небесно-голубая разновидность которой используется в ювелирном деле.

Из безводных мы познакомимся с апатитом и фосфоритом, применяющимися для производства фосфорных кислот и фосфорных удобрений (суперфосфат и др.).

Апатит – может быть хлористым или фтористым (фторапатит и хлорапатит) – $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$, $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{Cl}$ – кристаллизуется в гексагональной сингонии, образуя призматические, игольчатые и таблитчатые кристаллы. Часто встречается в виде зернистых агрегатов, имеющих сахаровидный облик. По-гречески «*апатао*» обозначает «обманываю». Раньше апатит ошибочно принимали за берилл, турмалин и другие минералы.

Цвет апатита белый, бледно-зеленый до изумрудно-зеленого, голубой. Встречаются также прозрачные бесцветные разновидности апатита. Черта белая, блеск стеклянный на поверхностях граней, жирный – на изломе. Твердость 5, минерал хрупкий. Спайность несовершенная, излом неровный, иногда раковистый.

Образуется при магматических и контактово-метасоматических, а также гидротермальных процессах. Применяется апатит главным образом для производства фосфорных удобрений, а также для приготовления фосфорной кислоты и чистого фосфора.

Магматический апатит связан с щелочными горными породами (Хибинское месторождение на Кольском п-ове) и пегматитами (Слюдянское месторождение в Забайкалье).

Фосфорит представляет собой конкреционную форму скоплений апатита с примесью песчаных частиц кварца, глауконита, кальцита и других минералов. Фосфориты бывают как конкреционными, так и пластовыми. Они часто имеют радиально-лучистое строение агрегатов, реже концентрически-зональное. Встречаются замещения фосфатами скелетов животных (на Среднем Тимане – скелетов рыб) или растений.

Цвет желтый, бурый, фиолетовый; черта серая, блеск жирный или матовый. Твердость 5, спайность отсутствует.

Образуется в морских условиях. Применяется для производства удобрений.

Крупнейшие месторождения известны в Западной Украине, в Донбассе, Центрально-Черноземной России (Курская, Воронежская обл.), в Казахстане. В Республике Коми известно боксит-фосфатное Заостровское месторождение (Средний Тиман). К крупным относятся месторождения фосфоритов США, Алжира, Туниса и Марокко.

3.8. Класс силикатов

К этому классу относится огромное количество минералов, которые составляют 75% земной коры (по А. Е. Ферсману). Минералы класса силикатов

распространены во всех типах горных пород: магматических, метаморфических, гидротермальных и осадочных. Многие силикатные минералы являются ценными полезными ископаемыми.

Силикаты очень разнообразны по строению кристаллической решетки, откуда и разнообразие их минеральных видов и свойств. В широких пределах изменяется, например, их твердость (от 1 у талька и каолинита до 8 у топаза).

Основной структурной единицей всех силикатов является кремнекислородный тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$.

Важную роль в группе силикатов играют ионы Al, образующие особую группу алюмосиликатов, в которых Al и Si равноценны.

Силикаты классифицируются по химическому составу и типам кристаллических структур, то есть по способам сочленения кремнекислородных тетраэдров $[\text{SiO}_4]^{4-}$, определяющих основные свойства минералов.

В пособии приводится характеристика 18 минералов класса силикатов, разных по строению, составу и свойствам.

3.8.1. Силикаты островные

Оливин – $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ – кристаллизуется в ромбической сингонии. Наиболее распространен в виде кристаллически-зернистых агрегатов. Кристаллы оливина встречаются редко, обычно в пустотах горных пород. «Хризос» по-гречески обозначает «золото».

Цвет оливина желтый с зеленым оттенком, ложный зеленый цвет придает ему развивающийся по оливину серпентинит. Часто оливин бывает бесцветным, прозрачным. Блеск стеклянный и жирный. Твердость 6,5-7, минерал хрупкий с несовершенной спайностью (у кристаллов – средняя), раковистым и неровным изломом. В естественных условиях легко подвергается серпентинизации.

Диагностируется оливин в оливиновых базальтах по стеклянному блеску и неровному излому, а также по интенсивной зеленой окраске.

Образуется оливин при магматических процессах из бедной кремнеземом магмы, являясь главной составной частью таких горных пород, как перидотиты и дуниты. Как правило, оливин легко подвергается серпентинизации. Встречается он также в составе габбро, диабазов, базальтов и туфов основного состава.

Применяется оливин для изготовления специального огнеупорного кирпича. В ювелирной промышленности находят применение неметаморфизованные кристаллы оливина.

Крупные месторождения известны на Северном, Среднем и Южном Урале, Северном Кавказе, в Закавказье и на юге Сибири, в Египте, Бразилии, Гвинее и других странах.

Гранаты. По-латыни «гранатус» обозначает «подобный зернам». Название минералу дано на основании сходства с зернами граната. Отдельные минеральные виды гранатов названы следующим образом:

пироп – от греческого слова «пиропос» – «подобный огню»;

альмандин – по местности *Алабанда*, где раньше гранили камни;

спессартин – по местности *Спессарт* в Баварии;

гроссуляр – по ботаническому названию крыжовника;

андрадит – по имени португальского минералога *д'Андрада*;

уваровит – в честь российского министра Уварова.

Эта группа включает минералы альмандинового (Mg_3Al_2 , Fe_3Al_2 , $Mn_3Al_2[SiO_4]_4$) и андрадитового (Ca_3Al_2 , Ca_3Fe_2 , $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$) рядов. Все эти минеральные виды кристаллизуются в кубической сингонии. Форма кристаллов ромбододекаэдрическая, иногда в комбинации с тетрагонтриоктаэдрами. Часто встречаются кристаллически-зернистые массы.

Цвет характеризует разные минеральные формы: пироп – темно-красный, розово-красный, черный; альмандин – красный, буро-красный и черный; спессартин – темно-красный, оранжево-желтый и бурый; гроссуляр – медово-желтый, бледно-зеленый, бурый и красный; андрадит – желтый, зеленоватый, буро-красный и черный; уваровит – изумрудно-зеленый.

Твердость гранатов очень изменчива – от 6,5 до 7,5. Самыми твердыми гранатами являются альмандин, пироп и спессартин – 7-7,5. Спайность весьма несовершенная, иногда несовершенная, излом неровный.

Главными диагностическими свойствами гранатов являются характерная форма кристаллов и высокая твердость.

Так как пироп является парагенетическим спутником алмазов в кимберлитах, они применяются при проведении поисковых работ на алмазы.

Красиво окрашенные разновидности гранатов используются в ювелирном деле (гранатовый браслет) в качестве полудрагоценных камней. Благодаря высокой твердости они применяются как абразивный материал.

Образуется при контактово-метаморфических процессах в зоне контакта кислых магм с карбонатными породами, входя в состав скарнов (Урал: гора Магнитная, Благодать, Высокая; Закавказье – Дашкесанское месторождение). Широко распространены гранаты в породах регионального метаморфизма – метаморфических сланцах разного состава, испытавших т. н. «гранатовую» стадию метаморфизма. Гранаты являются весьма устойчивыми к процессам выветривания, благодаря чему часто встречаются в составе россыпей. Примером гранатовых россыпей могут быть гранатовые пески на побережье Баренцева моря на Северном Тимане.

3.8.2. Силикаты цепочные

К цепочным силикатам относятся минералы группы пироксенов: авгит, диопсид, геденбергит, жадеит, эгирин, сподумен, гиперстен и энстатит. Последние два являются ромбическими пироксенами, образующими непрерывный ряд изоморфных смесей $Mg_2[Si_2O_6] - Fe_2Si_2O_6$. Первые относятся к моноклинным пироксенам, являющимся двойными и более сложными соединениями.

Авгит – $Ca(Mg,Fe,Al)[(Si,Al)_2O_6]$ – кристаллизуется в моноклинной сингонии, образуя таблитчатые и столбчатые (короткие) кристаллы. Цвет минерала черный, темно-зеленый и бурый, черта светло-зеленая. Блеск стеклянный. Твердость 5-6, спайность средняя, излом неровный. Название произошло от греческого слова «авге» – «блеск».

Различают две разновидности авгита: эгирин-авгит и титан-авгит. Первая разновидность отличается высоким содержанием железа и натрия, встречается в щелочных магматических горных породах. Во второй (титан-авгите) повышено содержание титана, железа и алюминия.

В большинстве случаев диагностика авгита без микроскопического исследования и химических анализов может быть затруднительной. В случае хорошо образованных кристаллов авгит диагностируется по характерным формам кристаллов и темно-коричневому до черного цвету.

Образуется авгит при магматических процессах, являясь эффузивным продуктом основных магм (андезитовой, базальтовой). Легко замещается при постмагматических процессах амфиболами, хлоритом, кальцитом, эпидотом и другими минералами. Эгирин-авгитовая разновидность образуется из щелочных магм, входя в состав интрузивных (нефелиновые сиениты) и эффузивных (фонолиты и др.) горных пород. В гидротермальную стадию авгит замещается другими минералами роговой обманкой, хлоритами, эпидотом и другими минералами.

Крупные месторождения на территории России известны на Урале.

3.8.3. Силикаты ленточные

Ленточные силикаты (группа амфиболов) отличаются сдвоенными цепочками кремнекислородных тетраэдров $[Si_4O_{11}]^{6-}$ (лентами) в кристаллических структурах. Как и пироксены, они разделяются на моноклинные (тремолит, актинолит, роговая обманка обыкновенная, глаукофан и арфведсонит) и ромбические (антофиллит).

Роговая обманка обыкновенная – $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_4(\text{Al},\text{Fe}^{3+})[(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{11}]_2$ кристаллизуется в моноклинной сингонии. Кристаллы имеют столбчатый и призматический облик, часто образуют радиально-лучистые агрегаты. В отличие от пироксенов (например авгита), у роговой обманки кристаллы часто длинно-столбчатые (прил. 1, рис. 10а).

Цвет зеленый и бурый разных оттенков, чаще темно-зеленый. Черта белая с зеленым оттенком, блеск стеклянный. Спайность совершенная по призме, угол между плоскостями спайности составляет около 124° . Излом неровный. Твердость 5,5-6.

Наиболее распространенными разновидностями роговой обманки являются базальтическая и уралитовая роговые обманки. Базальтическая встречается в эффузивных горных породах и отличается повышенными содержаниями железа и титана; уралитовая представляет собой метаморфозу роговой обманки по пироксену с полным сохранением кристаллической формы.

Диагностические признаки: угол между плоскостями спайности 124° , часто удлиненно-призматические кристаллы.

Образуется при магматических и метаморфических процессах; изменяясь, превращается в серпентин, хлорит, эпидот и другие минералы. Магматическая роговая обманка связана с магмой среднего состава и встречается в таких интрузивных горных породах, как сиениты, диориты, гранодиориты. В эффузивных горных породах встречается редко. Большую роль играет в составе метаморфических горных пород амфиболитовой стадии метаморфизма (амфиболиты, гнейсы, амфиболитовые сланцы и др.).

При гидротермальных процессах роговая обманка замещается серпентином, хлоритом, эпидотом и другие минералами. В процессе выветривания превращается в нонтронит, карбонаты, опал и другие минералы.

3.8.4. Силикаты листовые

В этот класс объединены минералы с низкой твердостью и весьма совершенной спайностью по одному направлению.

Тальк – $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$ – кристаллизуется в моноклинной сингонии. Кристаллы встречаются редко и имеют таблитчатую форму. Чаще образует чешуйчатые и листоватые кристаллы или плотные массы.

Цвет белый, розовый, бледно-зеленый, бурый. Блеск стеклянный с перламутровым отливом, в плотных массах – жирный. Твердость 1, на ощупь жирный, спайность весьма совершенная в одном направлении. Плохо проводит тепло и электрический ток.

Диагностические признаки: низкая твердость (1), стеклянный блеск с перламутровым отливом, жирный на ощупь.

Образуется при метаморфизме пород ультраосновного состава и серпентинитов, а также как контактово-метасоматический в зоне контакта интрузий с доломитами. Используется в бумажной, резиновой, красочной и текстильной промышленности.

Крупные месторождения известны на Урале (Шабровское), в Канаде и других странах.

Серпентин – $Mg_6[Si_4O_{10}][OH]_8$ – образует плотные сплошные массы, часто с зеркалами скольжения, являясь продуктом гидротермального изменения горных пород ультраосновного состава.

Цвет темно-зеленый, буро-зеленый до зелено-черного, бывает часто пятнисто окрашенным, напоминающим змеиную кожу, от чего произошло название «змеевик» (по-латыни – «*серпентариа*»).

Блеск стеклянный и жирный, черта белая, зеленоватая. Твердость 2,5-3, у антигорита – 3,5, спайность отсутствует, излом неровный, иногда раковистый.

Диагностические признаки: зеленый цвет с характерными оттенками, зеркала скольжения, жирный блеск и низкая твердость.

Образуется при автometаморфизме интрузивных горных пород ультраосновного состава (дунитов, перидотитов), а также при гидротермальном изменении пироксенов и роговых обманок.

Применяется в качестве облицовочного и поделочного камня (при изготовлении сувениров), а также в химической промышленности для получения соединений магния.

Известны месторождения на Урале, Северном Кавказе, в Закавказье (Армения), Сибири, Казахстане, Гвинее и других странах.

Асбест (хризотил-асбест) является волокнистой разновидностью серпентина (прил. 1, рис. 16). Сингония моноклинная. Образует волокнистые кристаллы белого, зеленовато-желтого и бурого цветов, иногда с золотистым отливом, ориентированные перпендикулярно стенкам. Блеск минерала шелковистый. Твердость от 1 до 2-3. Спайность весьма совершенная, образует тонковолокнистые кристаллы. Является хорошим тепло-, электро- и звукоизолятором, отличается высокой стойкостью по отношению к щелочам.

Диагностические свойства: волокнистая форма кристаллов, растворяется в HCl с образованием волокнистого скелета, состоящего из кремнезема (SiO_2).

Образуется, как и серпентин, при гидротермальных и метаморфических процессах.

Применяется для изготовления огнестойких и щелочестойких материалов (тканей, труб, картона), электроизоляционных материалов.

Крупные месторождения известны на Урале (Баженовское месторождение и др.), в Саянах, за рубежом – в Канаде, на Кипре, в Южной Родезии и т. д.

Каолинит – $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8$ – кристаллизуется в моноклинной сингонии. Образует червеобразные кристаллы, часто рыхлые и плотные тонкозернистые массы, иногда натечные формы. Хорошо образованные пластинчатые кристаллы встречаются редко. Название получил по названию горы *Кау-линг* в Китае.

Цвет белый с зеленоватым, голубоватым и желтым оттенком, бывает серым и бесцветным. Черта белая, блеск чешуек перламутровый, сплошных масс – матовый. Твердость около 1, спайность весьма совершенная.

Диагностические признаки: легко растирается пальцами, интенсивно поглощает воду, во влажном состоянии весьма пластичен.

Образуется при низкотемпературных гидротермальных процессах и химическом выветривании.

Применяется в керамической промышленности (при производстве фарфора и фаянса), в качестве огнеупорного материала, в бумажном деле, для получения глинозема (Al_2O_3).

Месторождения известны на Урале, в Подмосковье, Республике Коми, за рубежом – в Украине, Англии, Германии, Франции, Китае и других странах.

Мусковит – $KAl_2[AlSi_3O_{10}][OH]_2$ – кристаллизуется в моноклинной сингонии с таблитчатыми или пластинчатыми кристаллами. Встречается также в сплошных чешуйчатых или листовато-зернистых массах. Скрыто-чешуйчатые массы мусковита называют *серицитом*. Название присвоено по старинному итальянскому названию города Москвы – «*Муска*».

Бесцветен с зеленоватым, желтоватым или розоватым оттенками. Черта белая, блеск стеклянный, на поверхностях спайности – перламутровый. Твердость 2-3, спайность весьма совершенная. Кристаллы отличаются высокой гибкостью, хрупкостью и упругостью.

Диагностические свойства: весьма совершенная спайность, перламутровый блеск, легкая расщепляемость на тончайшие листочки.

Образуется при магматических, гидротермальных и метаморфических процессах. Является одним из главных породообразующих минералов гранитов и сиенитов, а также грейзенов, пегматитов. При химическом выветривании превращается в каолинит.

Практическое применение связано с использованием мусковита в качестве электроизоляционного материала: в электроприборах, кровельных материалах, огнеупорных красках и проч.

Известные месторождения находятся в Восточной Сибири, на Кольском полуострове. За рубежом такие месторождения установлены в Индии, США, Бразилии, Канаде и других странах.

Биотит – $K(Mg,Fe)_3[Si_3AlO_{10}][OH,F]_2$ – кристаллизуется, как и мусковит, в моноклинной сингонии с кристаллами таблитчатой, столбчатой и пирамидальной формы. Часто образует сплошные пластинчатые или чешуйчатые массы. Цвет черный и бурый, черта белая с зеленым оттенком. Блеск стеклянный, на поверхностях спайности – перламутровый. Твердость 2-3, спайность весьма совершенная.

Диагностические свойства: черный цвет в сочетании с весьма совершенной спайностью и расщеплением на тончайшие листочки, перламутровый блеск на поверхностях спайности.

Образуется при магматических и метаморфических процессах. Входит в состав гранитов и пегматитов. Является продуктом контактового метаморфизма (биотитовые роговики) и регионального метаморфизма (биотитовая фация регионального метаморфизма). Широкого практического применения не имеет.

Крупные месторождения известны в Ильменских горах (Урал), в Сибири (Слюдянское месторождение), за рубежом – в Гренландии, Скандинавии и других странах.

Хлориты включают большую группу минералов (пеннин, клинохлор и др.) весьма различного состава.

Рассмотрим в качестве примера один из минералов этой группы – *пеннин* – $(Mg,Fe)_5Al[AlSi_3O_{10}][OH]_8$. Кристаллизуется он в моноклинной сингонии в виде таблитчатых, редко бочонковидных кристаллов. В пустотах горных пород может образовывать друзы кристаллов. Часты двойники. Образует чешуйчатые и пластинчатые агрегаты. В отличие от других слюдистых минералов, кристаллы пеннина не обладают упругостью.

Цвет пеннина бутылочно-зеленый разных оттенков, прозрачный в тонких кристалликах. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности – перламутровый, черта светло-зеленая. Твердость 2-2,5, спайность весьма совершенная в одном направлении.

Диагностические признаки: светло-зеленый цвет и весьма совершенная спайность.

Образуется при метаморфических процессах (хлоритовая фация регионального метаморфизма). В пределах России крупные месторождения известны на Южном Урале.

3.8.5. Каркасные алюмосиликаты

Здесь объединено несколько групп минералов, главными из которых являются полевые шпаты (ортоклазы, плагиоклазы, гиалофан), скаполиты, лейциты, нефелин, канкринит и содалиты.

Ортоклаз – $K[AlSi_3O_8]$ – (по-гречески – «*прямораскалывающийся*») кристаллизуется в моноклинной сингонии, образуя призматические кристаллы белого, розового, желто-бурого, редко мясо-красного цветов. Бесцветная разновидность ортоклаза называется *адуляром*. Блеск стеклянный, наиболее ярко выражен у адуляра, черта белая. Твердость 6-6,5, спайность совершенная или средняя, излом неровный ступенчатый.

Диагностические признаки: желтоватые и красноватые окраски в сочетании с прямым углом между плоскостями спайности. Легко спутать с микроклином, различить их можно под микроскопом.

Ортоклаз – минерал магматический. Образуется в породах кислого, реже среднего состава и пегматитах. В более поздние стадии пегматитового процесса легко подвергается альбитизации, а при выветривании – каолинизации.

Используется ортоклаз наряду с микроклином в стекольной и керамической промышленности, для производства фарфора.

Микроклин – $K[AlSi_3O_8]$ – (по-гречески – «*незначительно отклоненный*») кристаллизуется, в отличие от ортоклаза, в триклинной сингонии, очень часто образует полисинтетические и решетчатые двойники («*микроклиновая решетка*»). Встречается в виде друз и крупных кристаллов призматической формы.

Цвет белый, розовый, серый, красный. Зеленый микроклин называют *амазонитом* (прил. 1, рис. 9). Черта белая, блеск стеклянный. Твердость 6-6,5, спайность совершенная или средняя, излом неровный.

Главными диагностическими признаками являются: решетчатое сложение (под микроскопом) и зеленый цвет у амазонита. Отличить микроклин от ортоклаза можно под микроскопом.

Образуется при магматических процессах. Срастание микроклина с кварцем носит название «*еврейского камня*» или «*письменного гранита*». Входит в состав кислых и щелочных интрузивных горных пород и пегматитов.

Как и ортоклаз, микроклин применяется в стекольной и керамической промышленности, являясь главным исходным материалом для производства

фарфора. Амазонит, благодаря своим красивым окраскам, используется как ценный поделочный камень.

Крупные месторождения известны на Среднем Урале, месторождения амазонита – на Кольском полуострове и в Ильменских горах.

Плагиоклазы (по-гречески «*косораскалывающийся*») образуют изоморфные смеси состава $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. В этом ряду по кислотности и содержанию анортитовой молекулы (An) различают: альбит, олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит и анортит. Первый из них (альбит) не содержит Ca (An = 0), в последнем (анортите) содержание An = 90 - 100%. К кислым плагиоклазам относят альбит и олигоклаз, к средним – андезин и лабрадор, к основным – битовнит и анортит. Для всех плагиоклазов характерны полисинтетические двойники с разными углами погасания для членов этого ряда.

Все плагиоклазы кристаллизуются в триклинной сингонии в виде таблитчатых кристаллов. Чаще других пластинчатые кристаллы и друзы кристаллов образует альбит.

Кроме названных минералов-плагиоклазов, имеются минералы, выделяющиеся некоторыми оптическими свойствами. Среди них лунный камень и авантюрин. *Лунный камень* – это кислый калийно-натриевый плагиоклаз с синеватым отливом (иризацией), *авантюрин (солнечный камень)* – тоже кислый калийно-натриевый плагиоклаз с золотистым отливом, который создается тончайшими включениями в нем гематита.

Диагностическим признаком плагиоклазов является косой угол между плоскостями спайности (в отличие от ортоклаза и микроклина).

Альбит – $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ – от латышского слова «*альбус*» – «*белый*» – кристаллизуется в триклинной сингонии, образуя таблитчатые, пластинчатые и призматические кристаллы, иногда друзы.

Цвет белый, светло-серый, иногда голубоватый, черта белая. Блеск стеклянный. Твердость 6, спайность совершенная и средняя, излом неровный, ступенчатый.

Лабрадор – $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ – является известково-натриевым плагиоклазом серого, темно-серого и темно-бурого до черного цветов. Кристаллизуется в триклинной сингонии, кристаллы таблитчатые и таблитчато-призматические – очень редки. Чаще образует крупнокристаллические массы. Блеск стеклянный, черта белая. Характеризуется яркой иризацией в синих (прил. 1, рис. 6), зеленых и золотистых тонах с перламутровым отливом. Твердость 6, спайность совершенная и средняя, излом неровный.

Анортит – $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ – по-гречески «*анортос* – «*косой*» – является крайним кальциевым членом изоморфного ряда плагиоклазов. Отличается серым, желтовато-серым и розовым цветом, черта белая, блеск стеклянный. Твердость 6-6,5, спайность совершенная и средняя, излом неровный.

Образуются минералы подгруппы плагиоклазов магматическим путем, а кислые плагиоклазы (главным образом, альбит) также при метаморфизме (альбитизация калиевых полевых шпатов – ортоклаза и микроклина).

Практическое применение в качестве поделочных и облицовочных камней находят красивые иризирующие разновидности плагиоклазов: альбит, олигоклаз, лабрадор (лунный и солнечный камни).

Месторождения наиболее ценного плагиоклаза – лабрадора – известны на Украине (Житомирская и Львовская области). На Среднем Урале эксплуатируются месторождения кислых плагиоклазов с иризацией в голубых тонах (олигоклаз).

Нефелин – $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ (название происходит от греческого слова «*нефели*» – «*облако*») кристаллизуется в гексагональной сингонии. Кристаллы имеют призматическую, короткостолбчатую и толстостолбчатую форму. Чаще образует крупнозернистые массы.

Цвет серый, светло-зеленый, розовый, бурый, может быть и бесцветным. Непрозрачный светлоокрашенный нефелин имеет название *элеолита*. Блеск на гранях стеклянный, в массах и на изломе – жирный, за что получил название масляного камня. Черты не дает. Твердость 6, иногда в зернистых массах – до 5. Спайность отсутствует, изредка наблюдается несовершенная спайность, излом раковистый и неровный.

Главным диагностическим признаком является хорошо выраженный жирный блеск минерала.

Образуется при щелочном магматизме.

Применяется в стекольном производстве для получения зеленых стекол. Может заменять калиевые полевые шпаты в керамическом деле. Из нефелиновых отходов обогатительных фабрик извлекается глинозем (Al_2O_3), сода и другие продукты.

В России наиболее крупные месторождения находятся в Хибинах и на Урале (Ильменские горы), а также в Сибири.

Топаз – $\text{Al}_2[\text{SiO}_4][\text{F},\text{OH}]_2$ – относится к островным силикатам и кристаллизуется в ромбической сингонии. Характерны хорошо образованные призматические кристаллы. Название произошло от названия острова *Топазос* в Красном море.

Цвет бледно-желтый, голубой, фиолетовый, зеленый, розовый, редко встречаются бесцветные прозрачные кристаллы. Черты не дает. Блеск стеклянный с перламутровым отливом.

Твердость 8, спайность совершенная, излом неровный, раковистый.

Диагностические признаки топаза: высокая твёрдость и призматическая форма кристаллов.

Образуется при магматических и гидротермальных процессах. Связан с кислыми магматическими горными породами (граниты, риолиты) и пегматитами, а также грейзенами. Гидротермальный (жильный) топаз обладает удлиненными призматическими формами кристаллов.

Прозрачные красиво окрашенные разновидности топаза применяются в ювелирном деле в качестве драгоценного камня. Особой ценностью отличаются уральские и бразильские топазы, используемые в ювелирном деле.

Крупные месторождения известны на Урале (Мурзинка, Алабашка, Ильменские горы и др.), на Волыни (Украина), в Бразилии. Добывается топаз из коренных месторождений и россыпей.

Контрольные вопросы

1. Расположите в порядке убывания твердости перечисленные ниже минералы: *кварц, халцедон, гипс, альбит, кальцит, доломит, графит, топаз, тальк, алмаз, мусковит, лабрадор*. В случае, если минералы имеют одинаковую твердость, расположите их через тире.

2. Какие из перечисленных ниже минералов могут быть бесцветными и прозрачными: *роговая обманка, биотит, мусковит, альбит, топаз, кальцит, амазонит, гипс, магнезит, апатит?*

3. Выберите из приведенного списка минералов те, которые могут иметь красную окраску: *опал, галит, амазонит, халцедон, авгит, сера, альмандин, оливин, лабрадор*.

4. Какие минералы из перечисленных ниже могут быть окрашены в зеленый цвет: *альмандин, анортит, амазонит, оливин, нефелин, корунд, кварц, ангидрит, лимонит, пирит?*

5. Какие из перечисленных ниже минералов не имеют спайности: *кварц, кальцит, мусковит, ангидрит, карналлит, галит, золото, марказит, пирит, каолинит?*

6. Выберите из приведенного ниже списка минералы с весьма совершенной спайностью: *тальк, авгит, галит, доломит, мусковит, оливин, апатит, роговая обманка, гипс, магнетит*.

7. Какие из перечисленных ниже минералов не взаимодействуют с HCl: *доломит, сидерит, ангидрит, флюорит, гематит, кальцит, оливин, кальцит, пирит, магнезит?*

8. Какие минералы, перечисленные ниже, имеют черную черту: *алмаз, агат, пирит, графит, гематит, магнетит, апатит, роговая обманка, графит, хлорит?*

9. Какие из перечисленных ниже минералов обладают жирным блеском: *графит, сера, халцедон, кварц, лимонит, опал, сидерит, апатит, асбест, нефелин?*

10. Перечислите минералы из приведенного ниже списка, имеющие перламутровый блеск: *алмаз, раухтопаз, галит, гипс, тальк, анортит, каолинит, мусковит, хлорит, топаз*.

11. Какие черты сходства обнаруживают кальцит, кварц, гипс, мусковит и топаз?

12. Какими свойствами отличаются кальцит и кварц?

13. Какими общими свойствами обладают минералы класса карбонатов?

14. Какими свойствами отличаются роговая обманка и авгит?

15. По каким свойствам можно отличить гематит от магнетита?

16. Какие из перечисленных ниже минералов обладают побежалостью: *apatит, халькопирит, кальцит, магнетит, гематит, пирит?*

17. Какие из перечисленных ниже минералов применяются в оптической промышленности: горный хрусталь, апатит, сидерит, магнетит, халцедон, кальцит, оливин, ортоклаз, нефелин, серпентин?

18. По каким свойствам можно отличить нефелин от кварца?

19. Какие сходные свойства имеют альбит и лабрадор?

20. Выбрать из предлагаемого списка минералы с металлическим блеском: халькопирит, кварц, лимонит, магнетит, оливин, гранат, микроклин, гематит, марказит, золото.

21. По каким признакам можно отличить халькопирит от пирита?

22. Чем отличается флюорит от аметиста?

23. Выбрать из приведенного ниже списка (по химическому составу) минералы класса сульфидов: 1) FeS_2 , 2) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, 3) CaSO_4 , 4) CuFeS_2 , 5) $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{FeO}$, 6) FeCO_3 .

24. Выбрать по химическому составу из приведенного ниже списка минералы класса оксидов и гидроксидов: 1) CaCO_3 , 2) CaSO_4 , 3) SiO_2 , 4) $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, 5) $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_2$, 6) Fe_2O_3 , 7) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, 8) $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{FeO}$, 9) Al_2O_3 .

25. По какому свойству можно отличить лабрадор от авгита и роговой обманки?

Схема определения порообразующих минералов

Для определения порообразующих минералов, помещенных в таблицу, предлагается следующая последовательность действий.

С помощью таблицы твердости Мооса и подручных средств с максимально возможной точностью определяется твердость изучаемого минерала. Если твердость минерала равна 5, он может находиться в группе IV. Далее надо определить его блеск: если стеклянный, то он относится ко второй подгруппе, где находятся минералы №№ 28 и 31. Если минерал имеет оттенки зеленого, желтого или бурого цветов, то это, скорее всего, может оказаться минерал № 31. По таблице порообразующих минералов находим, что минерал № 31 – *apatit*. После этого необходимо еще раз тщательно проверить все физические свойства определяемого минерала, сверяясь с таблицей и описанием минерала в тексте или другом справочном издании.

Таблица 2

Минералы с твердостью менее 2

Свойства минералов	№№ минерала
1	2
1. С полуметаллическим блеском, пачкает руки	1
2. С жирным блеском: светло-желтая черта, цвет желтый, зеленоватый :	2
белая черта, цвет белый, зеленоватый	37
белая черта, цвет белый, серый, желтоватый, красный, горько-соленый	22
белая черта, цвет белый, серый, желтоватый	43
3. С матовым блеском, цвет ржаво-желтый	19
4. Со стеклянным блеском на гранях, шелковистым у волокнистых разностей	29
5. С шелковистым блеском, волокнистый, белая черта, цвет белый, золотистый	39

Минералы с твердостью от 2 до 3

1. С металлическим блеском, цвет желтый	3
2. С жирным или стеклянным блеском:	
солёный на вкус, белый, прозрачный, красный, синий	21
горький на вкус, бесцветный, розовый, красный, бурый	23
вскипает от HCl в твердом состоянии	25

3. С перламутровым или стеклянным блеском и весьма совершенной спайностью:		
	бесцветный, белый	40
	черный или бурый	41
	зеленый	42
4. Массивный, зеленый, пятнисто окрашенный		38

Минералы с твердостью от 3 до 4

1. С металлическим блеском, соломенно-желтый, зеленоватый		8
2. Со стеклянным блеском:		
	белый, бесцветный, зеленый, фиолетовый	24
	вскипает от HCl в порошке, серый, светло-серый	26
	после взаимодействия с HCl остается желтый осадок	27
	цвет белый, серый, голубоватый	30

Минералы с твердостью от 4 до 5

1. С металлическим блеском, цвет серебристо-белый, стально-серый		4
2. Со стеклянным блеском:		
	белый, серый, черта белая, вскипает с горячей HCl	28
	зеленый, белый, сахаровидные агрегаты	31
3. С матовым блеском, желваки, конкреции радиально-лучистые		32

Минералы с твердостью от 5 до 6

1. С металлическим блеском, черта зеленовато-серая, цвет соломенно-желтый:		6
	черта красно-бурая	18
	черта черная, магнитен	17
	цвет зеленовато-желтый, латунно-желтый, радиально-лучистый	7
3. С жирным блеском, аморфный, стекловидный, белый, зеленый		16
	кремовый, зеленый, розовый, жирный на ощупь	49
4. Со стеклянным блеском:		
	зеленый, бурый, черный, черта белая, зеленоватая	36
	мясо-красный, кремовый, розовый, спайность средняя по двум направлениям	44
	кремовый, зеленый, розовый цвет	45
	цвет белый, голубовато-белый	46
	цвет серый, темно-серый, иризирует в сине-зеленых тонах	47
	цвет светло-серый, желтоватый	48

Минералы с твердостью от 6 до 7

1. Со стекляннным блеском, раковистым изломом:		
	цвет белый, светло-серый	9
	цвет сиреневый	10
	цвет дымчатый	12
	цвет черный	13
	бесцветный, прозрачный	11
	зеленый, бесцветный, черты не дает	33
	зеленый, бурый, черный, спайность ср.	35
2. С жирным или матовым блеском:		
	светло-серый, голубоватый, розовый, бурый	14
	рисунчатый, полосчатый	15

Минералы с твёрдостью более 7

1. Со стекляннным блеском:		
	цвет темно-бурый, красный, зеленый	34
	прозрачный, бесцветный, жёлтый, голубой, спайность совершенная	50
2. Блеск алмазный, прозрачный, серый, голубой, желтый, чёрный		5
3. Блеск стекляннный, цвет серый, синий, красный		20

Таблица 3 – Диагностика породообразующих минералов

№№ п/п	Класс	Минерал	Формула	Тв. отн.	Блеск	Цвет (окраска)	Цвет черты	Спайность, излом
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Самородные элементы	Графит	C	1	Полуметалли- ческий	Стально-серый, черный	Черная блестящая	Спайность совершенная
2		Сера	S	1-2	Алмазный, на гранях жирный	Желтый, зелено- вато-желтый	Желтая	Спайность несовершенная, излом неровный
3		Золото	Au	2,5-3	Металлический	Желтый, соломенно- желтый, лимонно-желтый	Желтая блестящая	Спайность отсутствует
4		Платина	Pt	4-4,5	Металлический	Серебристо- серый, стально- серый	Стально- серая блестящая	Спайность отсутствует, излом крючковатый
5		Алмаз	C	10	Алмазный	Бесцветный, голубой, желтый, черный	Не дает	Спайность средняя, излом неровный
6	Сульфиды	Пирит	FeS ₂	5-6	Металлический	Соломенно-жел- тый, лимонно- желтый	Зеленовато- черная	Спайность несовершенная, излом неровный
7		Марказит	FeS ₂	5-6	Металлический тусклый	Зеленовато- желтый, серо-желтый	Зеленовато- серая	Спайность отсутствует, излом неровный

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Сульфиды	Халькопирит	CuFeS_2	3-4	Металлический	Латунно-желтый, зеленовато-желтый	Черная с зеленым оттенком	Спайность отсутствует, излом неровный
9	Оксиды (окислы) и гидроксиды (гидроокислы)	Кварц	SiO_2	7	Стекланный, на изломе жирный	Белый, светло-серый	Отсутствует	Спайность отсутствует, излом неровный и раковистый
10		Аметист	SiO_2	7	Стекланный, жирный	Сиреневый разных оттенков	То же	То же
11		Горный хрусталь	SiO_2	7	То же	Бесцветный, прозрачный	То же	То же
12		Раухтопаз	SiO_2	7	То же	Серый, дымчато-серый	То же	То же
13		Морион	SiO_2	7	То же	Темно-бурый, черный	То же	То же
14		Халцедон	SiO_2	6,5	Жирный, матовый	Светло-серый, голубой, зеленоватый, розовый, красный и проч.	То же	То же
15		Агат	SiO_2	6,5	То же	Чередование разноокрашенных пестрых полос	То же	То же
16		Опал	$\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	5,5-6	То же	Розовый, серый, бурый, зеленый	То же	Спайность отсутствует, излом раковистый, землистый

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	Оксиды (окислы) и гидроксиды (гидро-окислы)	Магнетит	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ FeO}$	5,5	Металлический тусклый	Железо-черный	Черная	Спайность несовершенная, излом раковистый и неровный
18		Гематит	Fe_2O_3	5,5	Металлический тусклый до блестящего	Красно-бурый до железо-черного	Красно-бурая	Спайности нет, излом раковистый, землистый
19		Лимонит	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	1-5	Матовый	Желто-бурый, темно-бурый	Желто-бурая	Спайность отсутствует, излом землистый
20		Корунд	Al_2O_3	9	Стекланный	Серый, синий, красный, розовый, фиолетовый	Черты не дает	Спайность несовершенная, излом неровный
21	Галоиды	Галит	NaCl	2,5	Стекланный, жирный	Белый	Белая	Спайность весьма совершенная
22		Сильвин	KCl	1,5-2	То же	То же	То же	То же
23		Карналлит	$\text{MgCl}_2 \text{ KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2-3	То же	То же	То же	Спайность отсутствует
24	Фториды	Флюорит	CaF_2	4	Стекланный	Белый, фиолетовый, зеленый	Черты не дает	Спайность совершенная

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	Карбонаты	Кальцит	CaCO_3	3	Стекланный	Бесцветный, белый, голубой, розовый	Белая	Спайность совершенная по трем направлениям
26		Доломит	$\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$	3,5-4	То же	Белый, серый, желтый	То же	Спайность совершенная
27		Сидерит	FeCO_3	3,5	То же	Желтовато-белый, серый, буроватый	То же	То же
28		Магнезит	MgCO_3	4-4,5	То же	Белый, серый	То же	Совершенная у кристаллических, излом раковистый у фарфоровидного
29	Сульфаты	Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1,5	Стекланный, шелковистый, с перламутровым отливом	Белый, розовый, красный, желтый, бесцветный	То же	Спайность весьма совершенная
30		Ангидрит	CaSO_4	3-3,5	Стекланный, у плотных масс – жирный и восковой	Белый, серый, голубой	То же	Совершенная и средняя
31	Фосфаты	Апатит	$\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$, $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{Cl}$	5	Стекланный, жирный	Бесцветный, бледно-зеленый, голубой, белый	То же	Несовершенная, излом неровный
32		Фосфорит	То же загрязненные кварцем, кальцитом, глауконитом	5	Матовый	Желто-бурый, серый, бурый	Серая	Спайность отсутствует, излом неровный

1	2	3	4	5	6	7	8	9
33	Силикаты	Оливин	$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$	6,5-7	Стеклянный, жирный	Бесцветный, жел- товато-зеленый	Черты не дает	Спайность средняя, излом неровный
34		Гранат (альман- дин)	$\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	7-7,5	Стеклянный	Красный, буро-красный, зеленый, черный	То же	Спайность несовершенная, излом неровный
35		Авгит	$\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Al})$ $[(\text{Si,Al})_2\text{O}_6]$	6,5	То же	Черный, бурый с зеленым оттенком	Светло- зеленая	Спайность средняя, излом неровный
36		Роговая обманка	$\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg,Fe})_4$ Al,Fe^{3+} $[(\text{Si,Al}_4\text{O}_{11})]$	5,5-6	То же	Зеленый, бурый, черный	Белая с зеле- ным оттен- ком	Спайность совершенная, излом неровный
37		Тальк	$\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ [OH]2 или: $3\text{MgO}4\text{SiO}_2\text{H}_2\text{O}$	1	Стеклянный с перламутровым отливом	Бледно-зеленый, белый с желтым и бурый оттенками	Белая	Спайность весьма совер- шенная
38		Серпентин	$\text{Mg}_6[\text{SiO}_{10}][\text{OH}]$ 8	2,5-3	Стеклянный, жирный	Темно-зеленый, бутылочно- зеленый	Белая с зеленым оттенком	Спайность отсутствует, излом неровный
39		Асбест	$\text{Mg}_6[\text{SiO}_{10}][\text{OH}]_8$	1-3	Шелковистый	Зеленовато- желтый с золоти- стым оттенком, белый	Белая	Спайность весьма совершенная
40		Мусковит	$\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ [OH] ₂	2-3	Стеклянный, перламутровый	Белый с разными оттенками и	То же	Весьма совершенная
41		Биотит	$\text{K}(\text{Mg,Fe})_3$ $[\text{Si}_3\text{Al}_{10}][\text{OH,F}]_2$	2-3	То же	Бурый, черный	То же	То же

1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	Силикаты	Хлориты	$(\text{MgFe})_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}\text{OH}]_8$	2-2,5	Перламутровый	Зеленый, оливково-зеленый	Светло-зеленая	Спайность весьма совершенная
43		Каолинит	$\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$	1	Матовый, у чешуек – перламутровый	Белый, светло-серый	Белая	То же
44		Ортоклаз	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	6-6,5	Стекланный	Светло-розовый, буровато-желтый, мясо-красный	Черты не дает	Спайность совершенная, излом неровный
45		Микро-клин	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	6-6,5	То же	Зеленый	То же	То же
46		Альбит	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	6-6,5	То же	Белый, голубоватый	То же	То же
47		Лабрадор	$\text{Na},\text{Ca}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	6-6,5	То же	Темно-серый, темно-коричневый	То же	То же
48		Анортит	$\text{Ca}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	6-6,5	То же	Белый, серый, голубоватый	То же	То же
49		Нефелин	$\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$	5-6	Стекланный, на изломе жирный	Белый, серый, с зеленым, розовым оттенками	То же	То же
50		Топаз	$\text{Al}[\text{SiO}_4][\text{F},\text{OH}]$	8	Стекланный с перламутровым отливом	Бесцветный, желтый, голубой, зеленый	То же	То же

Глава IV. МИНЕРАЛЫ РАЗНЫХ ТИПОВ ГОРНЫХ ПОРОД

Породообразующие минералы могут образовываться при разных условиях: в недрах земной коры или на ее поверхности, при более высоких или более низких температурах и давлениях (соответственно – высокотемпературные и низкотемпературные минералы). При этом одни минералы образуются только в недрах Земли, другие только на поверхности планеты; некоторые образуются из магматического расплава, другие – из горячих растворов и газов, выделением которых завершается магматический процесс, третьи – в результате метаморфических процессов и преобразования одних минералов в другие. Но многие из них могут образовываться в разных условиях.

Чтобы подвести итоги изучения минералов, приведем сведения о приуроченности разных минералов к определенным типам горных пород по условиям формирования, а именно: к магматическим, осадочным и метаморфическим.

4.1. Минералы магматического и метаморфического происхождения

К магматическим или первичным минералам отнесены минералы, по А. М. Даминовой [3], «выкристаллизовавшиеся из магмы». Образование так называемых постмагматических минералов связано с раскристаллизацией гидротермальных и газовых растворов, выделяющихся при остывании магмы, или с контактово-метаморфическими процессами.

По химическому составу главные магматические минералы являются силикатами и алюмосиликатами, при этом породообразующие минералы образуют закономерные ассоциации.

Главные породообразующие минералы магматической ассоциации объединены в несколько групп: пироксенов, амфиболов, оливина, слюд, полевых шпатов, цеолитов.

В группе пироксенов различаются ромбические пироксены (железо-магнезиальные) и моноклинные (железо-магнезиальные с кальцием). Особенностью этой группы минералов является их принадлежность к цепочным силикатам, что определяет призматическую форму их кристаллов. Этим же объясняется их совершенная спайность.

Моноклинные пироксены представлены описанным выше авгитом, а также эгирином, диопсидом, пижонитом, сподуменом, жадеитом и омфацитом.

Эгирин – $\text{NaFe}^{+2}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ – представляет собой щелочной пироксен, названный именем исландского «бога моря». Кристаллизуется он в моноклинной сингонии, образуя удлиненно призматические, столбчатые и даже игольчатые кристаллы, часто двойники.

По цвету эгирин преимущественно темно-зеленый, зеленовато-бурый, реже красновато-бурый с зеленой чертой. Блеск эгирина стеклянный, твердость 5,5-6. Он отличается средней спайностью по призме. Главными диагностическими признаками эгирина являются: удлиненно призматическая форма кристаллов, часто радиально-лучистые агрегаты и темно-зеленый цвет разных оттенков.

Формирование эгирина происходит двумя способами: как первичный минерал он образуется в щелочных интрузивных и эффузивных горных породах; как вторичный минерал является результатом метаморфизма в зоне контакта щелочных магм с окружающими горными породами.

Жадеит – $\text{NaAl} [\text{Si}_2\text{O}_6]$ – кристаллизуется в моноклинной сингонии, встречается преимущественно в виде зернистых масс, кристаллы наблюдаются редко. Цвет белый и зеленый разных оттенков со стеклянным блеском. Твердость жадеита 6,5-7, характеризуется средней спайностью и высокой вязкостью. Излом у минерала занозистый, неровный.

Образуется жадеит при метаморфизме. Красиво окрашенные разности используются в качестве полудрагоценного и поделочного камня.

Диопсид – $\text{CaMg} [\text{Si}_2\text{O}_6]$. Название произошло от греческих слов «дис» – «дважды» и «опсис» – «появление», поскольку является двойным соединением. Как и другие минералы группы пироксенов, кристаллизуется в моноклинной сингонии, форма кристаллов коротко-столбчатая, часто представлен зернистыми агрегатами. Цвет диопсида грязно-зеленый и серый, иногда он бесцветен. Блеск стеклянный. Минерал очень хрупкий, обладает твердостью 5,5-6 и средней спайностью.

Диагностируется обычно по окраске и форме кристаллов. Точная диагностика осуществляется с помощью микроскопа и химического исследования.

Диопсид распространен в магматических горных породах разного состава, чаще основных и ультраосновных, но встречается и в диоритах, сиенитах и базальтах. Образуется он и в результате контактового метаморфизма.

В этой же группе *пижонит* – $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Fe}) [\text{Si}_2\text{O}_6]$, встречающийся в эффузивных породах; *омфацит* – $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}^{\overset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{+2}}, \text{Fe}^{+3}, \text{Al}})[\text{Si}_2\text{O}_6]$ – минерал метаморфический; *геденбергит* – $\text{CaFe}^{\overset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{+2}}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ (по фамилии первого исследователя этого минерала, шведа Л. Геденберга).

Ромбические пироксены образуют изоморфный ряд энстатит-ферросилит, промежуточным звеном которого является гиперстен. Энстатит является исключительно магматическим минералом, в то время как гиперстен (железистый минерал) встречается только в метаморфических горных породах, а чистая железистая разновидность (ферросилит), как отмечает А. М. Даминова [3], в природе пока не обнаружен.

Энстатит – $Mg_2[Si_2O_6]$ (от греческого слова «энстатес» – «противный») и «гиперстен» – $(Mg, Fe)_2[Si_2O_6]$ – (от греческих слов «ипер» и «стенос» – «очень крепкий»). Кристаллизуются они в ромбической сингонии. Для всех этих минералов характерен зеленый цвет разных оттенков, стеклянный блеск и твердость 5,5-6. Диагностируются эти минералы под микроскопом или по химическому составу.

В группе *амфиболов* также выделяются ромбические и моноклинные. В отличие от минералов группы пироксенов, в составе амфиболов присутствует гидроксильная группа и довольно часто отмечается фтор, поэтому амфиболы могут образовываться только в глубинных условиях, при сохранении всех летучих компонентов (метаморфизм). По внутреннему строению минералы группы амфиболов относятся к ленточным силикатам.

Ромбические амфиболы отличаются железо-магнезиальным составом и представлены антофиллитом и жедритом.

Антофиллит – $(Mg, Fe)_7[Si_4O_{11}]_2[OH, F]_2$ – кристаллизуется в ромбической сингонии с призматическими кристаллами и образует часто лучистые, волокнистые и шестоватые формы. Цвет антофиллита желтовато-серый, красновато-бурый и буровато-зеленый, блеск стеклянный. Твердость его изменяется от 5,5 до 6, спайность средняя по призме. В отличие от пироксенов, угол между плоскостями спайности составляет 125° . Образуется антофиллит в результате замещения оливина и энстатита в глубинных условиях.

Жедрит, в отличие от антофиллита, содержит алюминий – $(Mg, Fe)_{6-5}(Si, Al)Si_3O_{11}]_2[OH, F]_2$. Отличается от антофиллита только при микроскопических исследованиях и по химическому составу.

Моноклинные амфиболы представлены более широко. По химическому составу среди них выделяют [3]: железо-магнезиальные (*куммингтонит* и *грюнерит*); кальциевые с магнием и железом (*тремолит*, *актинолит*, *ферроактинолит*); натриево-кальциевые с магнием, железом и алюминием (*обыкновенная роговая обманка*, *базальтическая роговая обманка* и др.); щелочные с магнием, железом и алюминием (*глаукофан*, *рибекит*, *арфведсонит*).

В диагностической таблице пособия имеются сведения о роговой обманке обыкновенной. В дополнение приведем краткую характеристику некоторых других моноклинных амфиболов.

Тремолит – $Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2[OH]_2$ – получил свое название по долине *Тремоль*, где он был впервые обнаружен. Кристаллизуется он в моноклинной сингонии, образуя тонковолокнистые, игольчатые и тонко-призматические кристаллы, иногда скрытокристаллические массы (*нефрит*). Имеет белый цвет с разными оттенками (серый, зеленый и др.), стеклянный блеск, твердость 5,5-6. По призме спайность совершенная и средняя.

Образуется в постмагматическую стадию по кальциево-магниевым пироксенам.

Актинолит – $\text{Ca}_2(\text{Mg Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH}]_2$. Название произошло от латинских слов «*актис*» – «луч» и «*литос*» – «камень». Отличается от тремолита только окраской и присутствием железа.

Базальтическая роговая обманка встречается только в порфириновых выделениях эффузивных горных пород. Как отмечает А. М. Даминова [3], минерал может образоваться при нагревании обыкновенной роговой обманки до 800°C , а «в природе процесс превращения обыкновенной роговой обманки в базальтическую происходит при излиянии лавы на дневную поверхность».

Арфведсонит – $\text{Na}_3(\text{Mg, Fe})_4(\text{Fe, Al})[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH, F}]_2$ – представляет один из щелочных амфиболов. Кристаллизуется он в моноклинной сингонии и образует столбчатые и шестоватые кристаллы, зернистые агрегаты. Цвет минерала черный, черта голубовато-серая, твердость 5,5-6. Спайность, как и у всех амфиболов, средняя по призме. Встречается в изверженных щелочных горных породах – нефелиновых сиенитах и пегматитах.

В группе оливина объединены минералы, представляющие собой ряд изоморфных смесей: форстерит (Mg_2SiO_4) – фаялит (Fe_2SiO_4). Они относятся к силикатам островным.

Форстерит кристаллизуется в ромбической сингонии с кристаллами коротко-призматическими. Цвет минерала в кристаллах отсутствует, а в агрегатах – светло-серый с сильным стеклянным блеском и твердостью 7. Образуется в результате контактового метаморфизма.

Фаялит также кристаллизуется в ромбической сингонии с образованием кристаллов коротко-призматического или таблитчатого облика. В отличие от форстерита, он обладает темно-желтой или зеленоватой окраской и очень сильным стеклянным блеском, иногда приближающимся к алмазному. Твердость фаялита несколько ниже, чем у форстерита (6-6,5), спайность средняя.

Группа слюд включает минералы, обладающие весьма совершенной спайностью и относящиеся по особенностям строения кристаллической решетки к слоистым алюмосиликатам. Для слюд характерно широкое развитие двойникования. Наиболее распространенными являются мусковит, серицит, биотит и хлорит, описанные выше. В дополнение к этой группе ниже приводится описание более редко встречающихся слюд: флогопита и лепидолита.

Флогопит – $\text{KMg}_3[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}]_2[\text{F, OH}]_2$ – название произошло от греческого слова «*флогопос*» – «огнеподобный». Кристаллизуется в моноклинной сингонии с образованием таблитчатых, коротко-призматических кристаллов. Цвет фло-

гопита желтовато- и красновато-бурый, иногда с зеленым оттенком. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности (как у всех слюдистых минералов) перламутровый. Твердость от 2 до 3, обладает высокой упругостью. Спайность весьма совершенная. Для флогопита, как и для мусковита, характерно высокое электрическое сопротивление. Развита в породах контактового и регионального метаморфизма. Флогопит, как и мусковит, применяется в электрической промышленности для изготовления изоляторов.

Лепидолит – $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}]_2[\text{F}, \text{OH}]_2$ – кристаллизуется в моноклинной сингонии, кристаллы пластинчатые, чаще листовато-пластинчатые агрегаты или тонко-чешуйчатые массы. Минерал может образовывать друзы в пустотах и трещинах горных пород.

Цвет лепидолита белый, розовый, фиолетовый, блеск стеклянный, на плоскостях спайности, как у всех слюдистых минералов, перламутровый за счет многослойности и отражения световых лучей одновременно от разных кристаллов. Твердость 2-3, таблички минерала упругие и гибкие, спайность весьма совершенная по одному направлению. Образуется в постмагматическую стадию породообразования: в грейзенах, пегматитах, гидротермальных породах.

Лепидолит является одним из источников получения лития, применяется для приготовления оптических стекол, сплавов с другими металлами (медью, алюминием и др.).

Группа полевых шпатов включает в себя две подгруппы: натриево-калиевых полевых шпатов и плагиоклазов (натриево-кальциевых). Все они принадлежат каркасным алюмосиликатам, обладающим средней спайностью по двум направлениям. Наряду с кварцем, они определяют классификационное положение содержащих их магматических горных пород. Подавляющее количество полевых шпатов образуется в результате магматической деятельности, в меньшей мере – при метаморфизме.

Натриево-калиевые полевые шпаты представлены ортоклазом, микроклином (амазонитом), санидином и анортоклазом. Все они характеризуются средней спайностью. Первые два минерала и главные минералы-плагиоклазы описаны выше и находятся в диагностической таблице.

Ниже приводится краткая характеристика санидина и анортоклаза.

Санидин – $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ – кристаллизуется в моноклинной сингонии, кристаллы призматические, бесцветные (прозрачные), со стеклянным блеском и средней спайностью. Твердость, как и у других натриево-калиевых полевых шпатов, колеблется от 6 до 6,5. Содержится в эффузивных горных породах в виде порфировых выделений (например в трахитах).

Анортоклаз – $(\text{Na}, \text{K}) [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ – в отличие от других натриево-калиевых полевых шпатов в его составе присутствуют оба щелочных металла. По-гречески слово «анортоклаз» обозначает «не ортоклаз», но очень похожий на него. Кристаллизуется в триклинной сингонии, по своим физическим свойствам не отличим от микроклина. Обнаруживается в щелочных вулканических горных породах (в андезитовых лавах).

Группа фельдшпатоидов включает минералы, во многом сходные по составу с полевыми шпатами, но обедненные кремнекислотой. В результате из магмы образуются лейцит и нефелин. В эту же группу можно отнести такие минералы, как содалит, нозеан, гаюин и канкринит.

В основной части пособия дано описание нефелина. Здесь приводится краткое описание еще двух минералов – лейцита и содалита.

Лейцит – $\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$ – назван так благодаря своей светлой окраске, по-гречески «лейкос» – «светлый». При высокой температуре (выше 620°C) кристаллизуется в кубической сингонии, при более низких температурах – в тетрагональной. Образует тетрагон-три-октаэдры, иногда сдвойникован, реже встречается в виде зернистых агрегатов. Бесцветен, бывает белым с серым оттенком. Блеск у лейцита стеклянный и жирный, твердость от 5 до 6, минерал хрупкий. Спайность отсутствует, излом раковистый.

Лейцит образуется при остывании и затвердевании лав с высоким содержанием калия и низким – кремнезема. Может замещаться ортоклазом и серицитом.

Является сырьем для получения калия и алюминия.

Содалит – $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6\text{Cl}_2$ – название происходит от названия минерала натрия (сода) и греческого «литос» – «камень»). Кристаллизуется в кубической сингонии с додекаэдрическими кристаллами. Встречается и в зернистых агрегатах (массах). Часто не имеет окраски, бывает серым или синим с разными оттенками (желтоватый, синеватый). Блеск на гранях кристаллов стеклянный, на изломе – жирный. Спайность средняя по двум направлениям, излом неровный. Содалит, как и лейцит, образуется при щелочном эффузивном и интрузивном магматизме, в пегматитах.

Группа цеолитов объединяет водные алюмосиликаты, отличающиеся от безводных значительно меньшей твердостью. Название произошло от греческих слов «цео» – «вскипать» и «литос» – «камень». К этой группе относится довольно много минералов, наиболее распространенными и интересными из которых являются шабазит, натролит, гейландит.

Шабазит (хабазит) – $(\text{Ca}, \text{Na}) [\text{AlSi}_2\text{O}_6]_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. По-гречески «хабазиос» – название какого-то камня. Кристаллизуется он в тригональной сингонии с ром-

боэдрическими кристаллами, чаще встречается в виде плотных агрегатов, друз, корочек. Окраска шабазита белая с буроватым или красноватым оттенками и стеклянным блеском. Спайность средняя по ромбоэдру, твердость 4-5. Часто встречается в виде миндалин в базальтах и других эффузивных горных породах, известен также как продукт деятельности горячих источников.

Натролит (в переводе – «натровый камень») – $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Кристаллизуется в ромбической сингонии с образованием столбчатых кристаллов дипирамидального облика, иногда волокнистых. Окраска бесцветная или белая с оттенками разного цвета. Блеск стеклянный, у волокнистых разновидностей – шелковистый. Минерал хрупкий с твердостью 5-5,5 и средней спайностью. Образуется натролит, как и шабазит, в виде выполнения миндалин и жеод эффузивных горных пород как продукт гидротермального изменения нефелина.

Гейландит – $(\text{Ca}, \text{Na}) [\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – кристаллизуется в моноклинной сингонии, кристаллы имеют изометрический или таблитчатый облик, часто образует листоватые массы. Блеск гейландита стеклянный, на плоскостях спайности – перламутровый. Минерал хрупкий с твердостью 3,5-4. Подобно другим минералам группы, образуется в пустотах эффузивных горных пород и при гидротермальных процессах.

Группа кремнезема включает минералы, описанные в основной части пособия (кварц, халцедон, опал), характеризующие соответственно кристаллическую, скрытокристаллическую и аморфную формы кремнезема. В эту группу входят тридимит и кристобалит, имеющие химическую формулу кварца, но отличающиеся от него формой кристаллов и несовершенной спайностью.

Тридимит – назван из-за часто встречающихся тройниковых сростаний («*тридимос*» – по-гречески обозначает «тройной»). Он имеет разные модификации, различающиеся по особенностям кристаллизации: β -тридимит кристаллизуется в гексагональной сингонии, α -тридимит – в ромбической, образуя пластинчатые кристаллы белого и серовато-белого цвета, иногда бесцветные со стеклянным блеском. Твердость тридимита изменяется от 6 до 7, спайность его несовершенная.

Образуется он при извержении кислых магм.

Кристобалит назван по местности *Сан-Кристабал* в Мексике. Как и тридимит, имеет модификации: α -кристобалит (низкотемпературный) и β -кристобалит (высокотемпературный). Первый кристаллизуется в тетрагональной сингонии, второй – в кубической с октаэдрическими и кубическими кристаллами молочно-белого цвета, имеет стеклянный блеск и твердость 7. Образуется в быстро остывших эффузивных горных породах, в виде мелких шариков в вул-

каническом стекле. Известны также случаи образования кристобалита в зоне взаимодействия базальтовой магмы на кварцевые песчаники за счет кварца при высокой температуре.

К этой же группе относятся два своеобразных минерала, имеющих такую же химическую формулу (SiO_2), но образующихся в результате ударов метеоритов и отличающихся очень высокой плотностью, – коэсит и стишовит.

Первый образуется при температуре 500-800°C и давлении 35000 атм. Кристаллы *коэсита* моноклинной сингонии, они напоминают по облику кристаллы гипса, бесцветны и прозрачны.

Стишовит еще более плотен и образуется при температуре 1200-1400°C и давлении 160000 атм., кристаллизуется в тетрагональной сингонии с игольчатыми бесцветными прозрачными кристаллами.

Из акцессорных минералов первичными могут быть: апатит, циркон, сфен, турмалин, монацит, флюорит, перовскит, ильменит, рутил, хромит, шпинель, магнетит, гематит, пирит и пирротин.

4.2. Минералы осадочного происхождения

Минералы осадочного происхождения образуются в результате геологической деятельности экзогенных геологических процессов, т. е. в поверхностной части планеты.

Например: химическое выветривание горных пород любого происхождения приводит к формированию преимущественно группы глинистых минералов, а также оксидов и гидроксидов железа, алюминия, титана, кремния.

Осадконакопление в морских условиях приводит к образованию минералов группы карбонатов, сульфидов, сульфатов и других групп в результате жизнедеятельности живых организмов, кристаллизации истинных или коагуляции коллоидных растворов.

Ряд минералов формируется в процессе диагенеза или эпигенеза, т. е. в процессе преобразования осадка в осадочную горную породу или в процессе первичного преобразования осадочной горной породы до стадии ее выветривания (регрессивная фаза) или метаморфизма (прогрессивная фаза).

Вне зависимости от условий формирования среди минералов осадочного происхождения можно выделить следующие группы: глинистых минералов, карбонатов, оксидов и гидроксидов, сульфидов, сульфатов, фосфатов и хлоридов.

Группа глинистых минералов характеризуется очень мелкими размерами зерен (<0,001 мм), по химическому составу – листоватые силикаты и алюмосиликаты с пластинчатыми или чешуйчатыми кристаллами, обладающими весьма совершенной спайностью. В составе этой группы следующие минералы: каоли-

нит, гидрослюда, глауконит, монтмориллонит, нонтронит и вермикулит. Описание каолинита приведено в главе III данного пособия, здесь приведем характеристику гидрослюда, глауконита и монтмориллонита.

Гидрослюда – $K_{<1}Al_2[(Si, Al)_4O_{10}] [OH]_2 nH_2O$ – кристаллизуется в моноклинной сингонии с чешуйчатыми агрегатами белого цвета разных оттенков. Как и другие глинистые минералы, жирные на ощупь. Гидрослюды отличаются весьма совершенной спайностью по одному направлению.

Образуются гидрослюды при разложении алюмосиликатов.

Глауконит – $K_{<1}(Fe^{3+}Fe^{2+}Al, Mg)_{2-3}[Si_3(Si, Al)O_{10}][OH]_2 nH_2O$. Название произошло от греческого «*глаукос*» – «зелёный». Кристаллизуется в моноклинной сингонии, встречается чаще в виде вкрапленных зерен округлого облика (шариков), редко образует кристаллы гексагонального типа. Глауконит отличается зеленым цветом с матовым и стеклянным блеском. Минерал хрупкий, мягкий (твёрдость изменчивая – от 2 до 3).

Образуется глауконит в морских условиях, являясь минералом исключительно осадочного происхождения.

Применяется глауконит в качестве удобрения для почв; приготовления зелёной краски и фильтров, смягчающих воду.

Месторождения глауконита известны на Восточном Урале, в Поволжье, Украине, из стран СНГ глауконитами богат Казахстан.

Монтмориллонит – $Na_{0,7}(Al_{3,3}Mg_{0,7})Si_8O_{20}(OH)_4 nH_2O$. Название минерал получил по месту его обнаружения в *Монтмориллоне* во Франции. Кристаллизуется в ромбической сингонии, чаще образует скрытокристаллические, чешуйчатые и спутано волокнистые агрегаты белого цвета с серым или синеватым оттенком, реже розовый или зелёный. Блеск в сухом состоянии явный матовый, минерал очень мягкий, спайность весьма совершенная по одному направлению. Отличается очень сильной способностью к набуханию.

Образуется монтмориллонит при химическом выветривании пород основного состава, а также при разложении вулканического пепла.

Монтмориллонит применяется для очистки продуктов перегонки нефти, отделки суконных материалов в текстильной промышленности, в мыловаренном и косметическом деле.

Крупнейшие месторождения монтмориллонита находятся в пределах СНГ в Украине (Крым), в России – в окрестностях г. Нальчика. Из других стран этим минералом богаты США, Франция, Германия, Япония, Грузия.

Группа оксидов и гидроксидов частично описана в главе III настоящего пособия. Из собственно осадочных минералов этой группы наиболее распро-

странены гидроксиды: железа (гетит), алюминия (бемит, гиббсит и диаспор) и марганца (манганит и псиломелан), а также оксид марганца – пиролюзит, оксид железа – лимонит.

Обычно гидроксиды железа образуются в результате разложения других железосодержащих минералов.

Гетит – HFeO_2 – назван в честь немецкого поэта *Гете*. Кристаллизуется в ромбической сингонии, образует чаще натечные формы типа сталагмитов. В изломе такие агрегаты имеют игольчатое радиально-параллельное или параллельно-волокнистое строение. Цвет темно-бурый с бурой чертой, имеющей красноватый оттенок. Блеск гетита от тусклого металлического (полуметаллического) до алмазного. Твердость от 4,5 до 5,5, спайность совершенная.

Образуется гетит преимущественно в экзогенных условиях, иногда в результате гидротермальной деятельности и отложения в пустотах горных пород в качестве низкотемпературного минерала.

Гетит является одним из важнейших минералов бурожелезняковых железных руд на Южном Урале, в Украине и других странах.

Бемит – AlOОН – назван по фамилии *Бема*, который установил его присутствие в бокситах (алюминиевой руде). Кристаллизуется он в ромбической сингонии в виде пластинчатых или чечевицевидных кристаллов. Обычно встречается в виде скрытокристаллической массы.

Бемит бесцветный или белый с желтоватым оттенком с твердостью 3,5 и совершенной спайностью.

Образуется этот минерал при химическом выветривании алюминий-содержащих горных пород. Отмечены случаи его гидротермального образования при низких температурах. Является одним из главных минералов бокситов. Месторождения бемитовых бокситов известны на Урале, Среднем Тимане.

Гиббсит (гидраргилит) – $\text{Al}[\text{OH}]_3$. Название произошло от греческих слов «гидор» – «вода» и «аргилос» – «белая глина». Кристаллизуется в моноклинной сингонии с коротко призматическими кристаллами белого, реже с зеленоватым и розоватым оттенком. Чаще образует тонкочешуйчатые или скрытокристаллические массы. Блеск гиббсита стеклянный, на плоскостях весьма совершенной спайности – перламутровый. Минерал мягкий (твердость 2,5-3,5).

Образуется при химическом разложении алюминий-содержащих минералов (алюмосиликатов). Очень редко является продуктом гидротермальной деятельности (низкотемпературный минерал).

Гиббсит является одним из главных минералов бокситовых месторождений, известных в Тихвинском районе Ленинградской области, Северо-Онежском Архангельской, на Южном Тимане.

Диаспор – HAlO_2 – получил название от греческого слова «*диаспор*» – «*рассеяние*» из-за способности при нагревании растрескиваться и распадаться на мелкие обломки. Кристаллизуется в ромбической сингонии, кристаллы тонко-пластинчатые, реже таблитчатые желтовато-бурого, белого, светло-фиолетового цвета со стеклянным блеском, на плоскостях средней спайности – перламутровый. Твердость 6-7, очень хрупок.

Образуется при экзогенных геологических процессах вместе с другими минералами алюминия (бемитом и гиббситом), а также при контактовом и региональном метаморфизме других минералов алюминия.

Является одним из важнейших минералов бокситовых месторождений, известных на Урале, в Узбекистане. В Дальнем Зарубежье месторождения диаспоровых бокситов известны в США и Греции.

Манганит – $\text{MnO}_2 \cdot \text{Mn}[\text{OH}]_2$ – кристаллизуется в моноклинной сингонии, образуя столбчатые или призматические кристаллы, чаще тонкокристаллические агрегаты. Может образовывать натечные формы. Окраска манганита черная, черта бурая, твердость 3-4. Блеск тусклый металлический (полуметаллический), спайность совершенная.

Образуется преимущественно осадочным путем, в том числе при химическом выветривании марганценосных горных пород. Известны случаи обнаружения гидротермального низкотемпературного манганита в виде друз.

Является одним из важнейших минералов марганцевых руд. Основные месторождения марганцевых руд известны за пределами России: в Украине (Никопольское месторождение) и Грузии (Чиатурское месторождение). Проявления известны на Среднем Тимане в коре выветривания.

Псиломелан – $m\text{MnO} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Название составлено из греческих слов «*псинос*» – «*лысый*» и «*меласс*» – «*черный*» («*черная стеклянная голова*»). Кристаллизуется в ромбической сингонии, образуя натечные формы с концентрически-зональным строением. Цвет минерала черный, черта черная, блеск полуметаллический (тусклый металлический), иногда матовый, твердость от 4 до 6 в зависимости от типа выделений, хрупкий.

Образуется главным образом при экзогенных геологических процессах, в зонах окисления и осадочным путем. Редко отмечается как гидротермальное образование. Является одним из главных минералов марганцевых месторождений. Совместно с манганитом входит в состав руд Чиатурского (Грузия), Нико-

польского (Украина) крупных месторождений. Обнаружен и в составе марганцевого проявления на Среднем Тимане.

Группу карбонатов, помимо описанных в главе III минералов (кальцит, доломит, сидерит, магнезит), можно дополнить такими минералами, как арагонит и родохрозит. Известны карбонаты и других химических элементов: *анкерит* ($\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{CO}_3]_2$), *смитсонит* (ZnCO_3), *церуссит* (PbCO_3), *стронцианит* (SrCO_3), *витерит* (BaCO_3).

Арагонит – CaCO_3 – назван по местности *Арагония* в Испании. Кристаллизуется в ромбической сингонии с призматическими и игольчатыми кристаллами. Часто образует радиально-лучистые и звездчатые агрегаты. Цвет арагонита белый со светлыми оттенками желтого, зеленого, сиреневого и серого. Встречаются бесцветные прозрачные кристаллы со стекляннм блеском, на изломе – жирным. Минерал хрупкий с твердостью 3,5-4.

Образуется арагонит чаще в результате химического выветривания, при осадконакоплении в лагунных условиях, реже может образовываться при гидротермальном процессе. Одним из крупнейших в России является Бакальское месторождение на Южном Урале.

Родохрозит – MnCO_3 – получил свое название от греческих слов «родон» – «роза» и «хрос» – «цвет» благодаря своей окраске. Кристаллизуется в тригональной сингонии, образуя чаще зернистые, почковидные и шарообразные агрегаты, редко кристаллы от розового до малинового цвета. Цвет черты белый, блеск стеклянный. Арагонит хрупок, твердость его изменчива – от 3,5 до 4,5. Спайность средняя по ромбоэдру.

Образуется арагонит главным образом в морских условиях, иногда встречается в гидротермальных образованиях в ассоциации с сульфидами.

Используется в качестве шихты при выплавке чугуна, а также для получения железо-марганцевых сплавов.

В пределах России известно Полуночное месторождение родохрозитовых руд на Северном Урале. За пределами страны такие руды осадочного происхождения представлены в Грузии (Чиатурское месторождение).

Группа фосфатов достаточно подробно описана в главе III пособия. Здесь можно добавить, что осадочные фосфаты очень широко распространены и представлены конкреционным типом в ассоциации с глинистыми и глауконитовыми отложениями. При этом существует несколько разновидностей апатита, принимающего участие в сложении фосфоритов: *фтороапатит* $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$, *гидроксилапатит* – $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3[\text{OH}]$, *карбонатапатит* – $\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6\text{CO}_3$, *франколит* – $\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6\text{F}_2, (\text{OH})_2$, *курскит* – $\text{Ca}_8[\text{PO}_4]_4[\text{CO}_3]_3\text{F}$, *коллофан* – $n\text{CaO}m\text{P}_2\text{O}_5p\text{H}_2\text{O}$.

В группе сульфатов в главе III настоящего пособия приведено описание гипса и ангидрита. Здесь кратко охарактеризуем еще три минерала: барит, целестин и англезит.

Барит – $BaSO_4$ – получил свое название благодаря большому удельному весу (по-гречески слово «барос» обозначает «тяжесть»). Кристаллизуется он в ромбической сингонии с таблитчатыми, призматическими и столбчатыми водян-но-прозрачными кристаллами, окрашенными в желтый, бурый и красный цвета, реже черный со стеклянным блеском, на плоскостях совершенной спайности – перламутровым. Твердость барита 3-3,5.

Образуется барит осадочным путем в прибрежной зоне морей и зонах выветривания в районах с сухим климатом. Часто встречается в гидротермальных образованиях. Осадочный барит встречается в небольших количествах в силурийских отложениях Северного Тимана.

Благодаря большому удельному весу барит широко применяется в практической деятельности. Так, он входит в состав глинистых растворов для цементации скважин, для производства металлического бария, в химической, резиновой, бумажной промышленности, для производства высокосортных белил и т. д.

Крупнейшие месторождения барита находятся в Германии, Туркмении, Грузии и других странах.

Целестин – $SrSO_4$ – получил название из-за своей голубой окраски. По латыни слово «целестис» обозначает «небесный». Кристаллизуется в ромбической сингонии с образованием таблитчатых, столбчатых, призматических кристаллов и зернистых агрегатов, иногда натечной формы. Как и у барита, блеск целестина стеклянный и перламутровый на плоскостях совершенной спайности. Твердость целестина 3-3,5, он хрупок.

Образуется целестин главным образом осадочным путем в ассоциации с доломитами, известняками, мергелями. Он является также составной частью скелета морских организмов (радиолярий, аммонитов и др.). Встречается целестин в гидротермальных жильных породах в ассоциации с сульфидами.

Применяется целестин для получения солей стронция для изделий пиротехники, для химической, сахарной, стекольной, керамической промышленности и производства металлического стронция.

Англезит – $PbSO_4$ – кристаллизуется в ромбической сингонии с образованием таблитчатых, пирамидальных и коротко-столбчатых кристаллов со средней спайностью; прозрачных, обладающих желтоватым или буроватым цветом и алмазным блеском. Минерал хрупкий с твердостью 2,5-3.

Образуется в зонах окисления полиметаллических свинцово-цинковых месторождений, реже при гидротермальном процессе вблизи дневной поверхности.

Является одним из промышленных минералов для получения металлического свинца. В пределах России месторождения англезитовых руд известны на Урале, Алтае и в Забайкалье.

Группа хлоридов подробно описана в главе III данного пособия и представлена галитом, сильвином и карналлитом.

4.3. Минералы метаморфогенного происхождения

К ним относятся минералы, богатые алюминием (андалузит, дистен, силлиманит, пирофиллит, алунит и корунд), алюминием, железом и магнием (ставролит, кордиерит, гранаты, хлориты), кальцием (воластонит, везувиан, скаполиты, пренит, мелилит, лавсонит, эпидот, цоизит), магнием (брусит, периклаз, тальк, минералы группы гумита).

В главе III пособия описаны некоторые из названных минералов: корунд, гранаты, хлорит, тальк. В дополнение к ним приводим краткое описание некоторых из названных минералов, обладающих специфическими свойствами.

Дистен – $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$ – назван в связи с разной твердостью по разным направлениям, по-гречески «ди» обозначает «двойко», а «стенос» – «сопротивляющийся». Кристаллизуется в триклинной сингонии, образует столбчатые и пластинчатые кристаллы. Цвет дистена голубой, реже зеленый, желтый, бесцветный, редко черный со стеклянным блеском, а на плоскостях совершенной спайности – иногда перламутровый. Минерал обладает специфическим свойством – разной твердостью по разным направлениям: вдоль удлинения кристалла она равна 4,5, а поперёк – 6 и 7.

Образуется дистен в результате метаморфизма горных пород, богатых глиноземом (алюминием), в ассоциации со слюдами, корундом и другими минералами.

Применяется для производства высоко огнеупорных и кислотоупорных материалов, а также для производства кремниево-алюминиевого сплава – силумена.

Ставролит – $\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{Al}_2\text{SiO}_5$ – получил название по форме специфических крестовидных двойников (по-гречески «ставрос» обозначает «крест»). Кристаллизуется в ромбической сингонии с кристаллами коротко-призматического облика, а двойники могут образовывать прямые или косые кресты. Цвет минерала от бурого до темно-бурого, блеск стеклянный, спайность средняя, излом неровный. Твердость 7-7,5.

Образуется ставролит в результате регионального, реже контактового метаморфизма и распространен в метаморфических сланцах, ассоциируясь с гранатами, слюдами, магнетитом и другими минералами.

Эпидот – $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3[\text{Si}_2\text{O}_7] [\text{SiO}_4] [\text{OH}]$ – получил название по форме поперечного сечения призматических кристаллов («*эпидозис*» по-гречески значит «*приращение*»). Кристаллизуется в моноклинной сингонии, кристаллы имеют призматический, иногда шестоватый облик, образует друзы, зернистые и радиально-лучистые агрегаты. Цвет эпидота зеленый, желтый, серый, черный; блеск сильный стеклянный. Спайность совершенная, твердость 6,5.

Образуется в результате контактового метаморфизма в ассоциации с кварцем, сульфидами и другими минералами; может замещать гранаты, пироксены, амфиболы, основные плагиоклазы. Известны примеры гидротермального образования эпидота.

Цоизит – $\text{Ca}_2\text{Al}_3 [\text{Si}_2\text{O}_7] [\text{SiO}_4] \text{O} [\text{OH}]$ – кристаллизуется в ромбической сингонии с призматическими кристаллами или зернистыми шестоватыми агрегатами. Цвет цоизита разнообразен: он может быть серым, зеленым, бурым, розовым, красным. Блеск цоизита стеклянный, спайность совершенная, излом неровный. Твердость 6. Является продуктом гидротермального изменения основных плагиоклазов в ассоциации с сульфидами, в метаморфических породах ассоциирует с амфиболами. Наиболее широко распространен на Урале и Алтае.

Брусит – $\text{Mg} [\text{OH}_2]$ – кристаллизуется в тригональной сингонии с кристаллами толсто-таблитчатого облика или талькоподобных листоватых агрегатов, известны также волокнистые разновидности. Брусит бесцветный, белый, иногда с зеленоватым оттенком. Блеск на изломе стеклянный, на плоскостях весьма совершенной спайности – перламутровый, твердость 2,5. Встречается в доломитизированных известняках и серпентинитах в ассоциации с серпентином.

Применяется в качестве сырья для производства магнезии. Месторождения на территории России – на Урале, Кавказе, в Сибири.

В результате метаморфизма образуются и акцессорные минералы, среди которых наиболее распространены и интересны следующие, имеющие большое практическое значение – шеелит, касситерит, топаз, графит.

Шеелит – CaWO_4 – назван по фамилии шведского ученого *Шееле*, открывшего вольфрамовую кислоту. Кристаллизуется в тетрагональной сингонии с октаэдрическими, реже таблитчатыми кристаллами или сплошных зернистых масс. Бесцветен или окрашен в желтый, бурый, зеленый и красный цвета, черта белая, блеск жирный, алмазный, спайность средняя, излом неровный, твердость 4,5. Об-

разуется при контактовом метаморфизме и гидротермальном процессе. Является сырьем для получения металлического вольфрама.

Касситерит – SnO_2 – по-гречески «*касситерос*» – «олово». Кристаллизуется в тетрагональной сингонии с кристаллами дипирамидальными, столбчатыми темно-бурого до смоляно-черного цвета с буроватой чертой, алмазным блеском (на изломе – слабый жирный или смоляной). Твердость 6-7, спайность несовершенная, излом раковистый. Образуется при контактовом метаморфизме, в результате гидротермальной деятельности, а также в пегматитах; в экзогенных – при разложении сульфидов олова. Является сырьем для получения олова.

Месторождения в России расположены в Забайкалье (пегматиты), за рубежом – в Средней Азии, Бирме, Боливии.

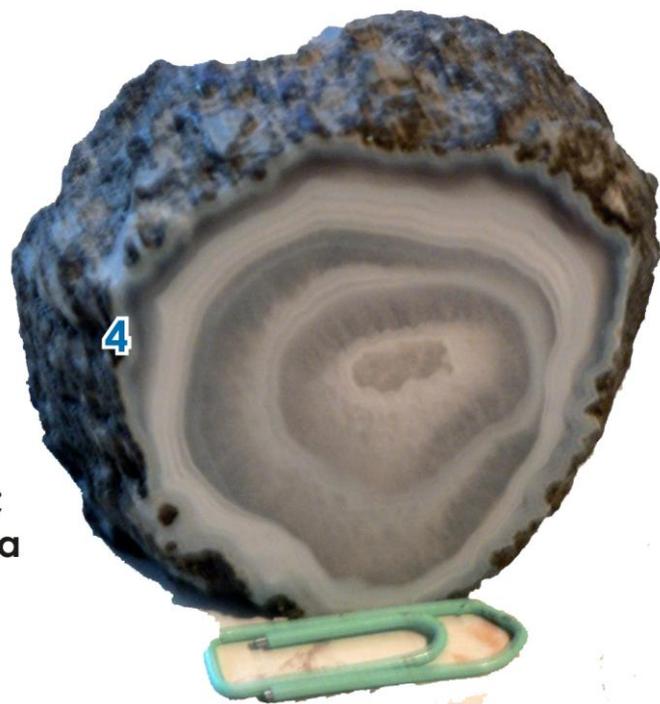


Рис. 1. Агаты Северного Тимана :
1 – секрция агата с заполнением в центре аметистом; 2 – моховой агат; 3, 4 – чередование полос агата и кварца (горного хрусталя) (фото автора)



Рис. 2. Секреты полиминерального состава в известняках: периферическая зона выполнена халцедоном, центральная – кварцем (фото автора)



Рис. 3. Форма конкреций пирит-марказитового состава в юрских глинах по р. Айюве (справа). Слева – стяжение сульфидов вокруг обугленных растительных остатков (фото автора)

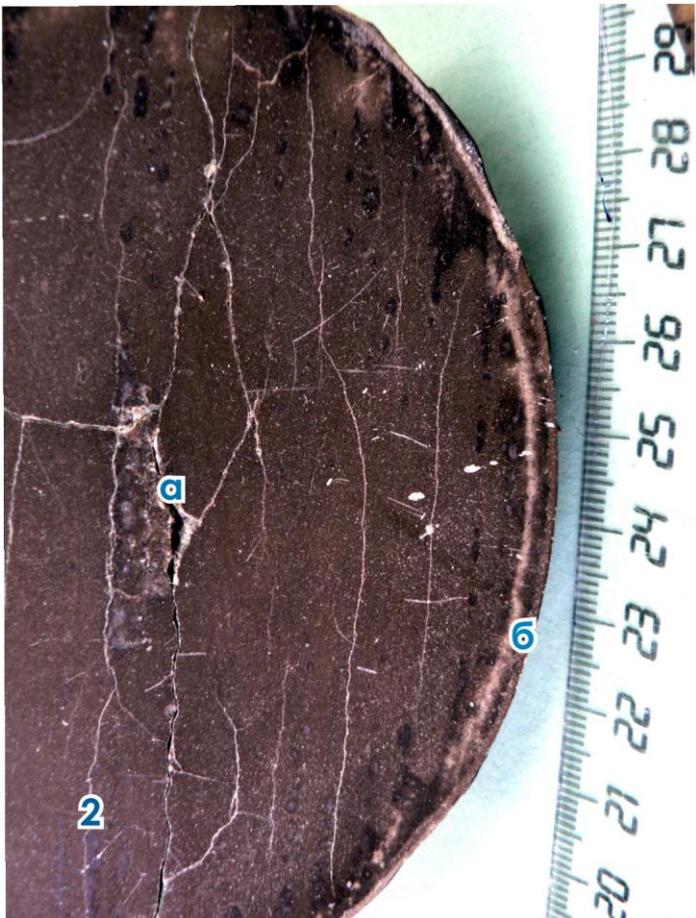


Рис 4. Типы конкреций:
 1, 2 – известняков в толще переслаивания; 3 – пирита в горючих сланцах;
 4 – пирита в известняках.
 На рис. 4а – скопление органических остатков, 4б – пиритовая оторочка.
 а – скопление органики;
 б – пиритовая оторочка (фото автора)



Рис. 5. Аллохроматические окраски минералов. Слева – флюорит, справа – морион (фото автора)



Рис. 6. Псевдохроматические окраски минералов. Слева – пёстрая побежалость на поверхности минералов меди, справа – иризация лабрадора (фото автора)



Рис. 7. Разновидности гипсов тиманского месторождения "Весёлый Кут": 1 – пластинчатый; 2 – волокнистый (селенит); 3, 4 - землистый и пластинчатый. Фото автора



Рис. 8. Совершенная спайность: слева – флюорита (фото С. Соколова) справа – кальцита (фото автора)

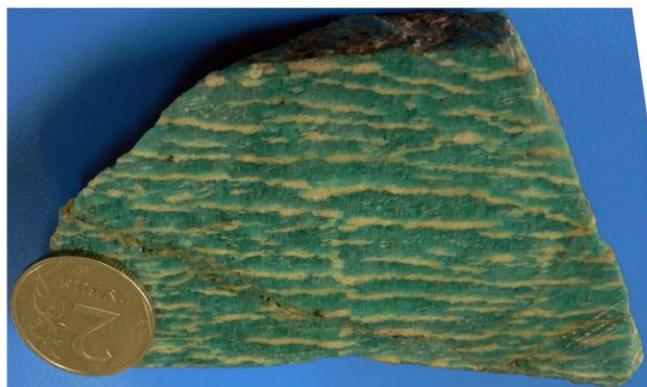


Рис. 9. Средняя спайность микроклина. Слева – его зелёная разновидность – амазонит (фото автора)



Рис. 10. Слева – кристаллы роговой обманки, справа – горный хрусталь (фото автора)



Рис 11. Грани роста горного хрусталя
(фото автора)



Рис. 12. Двупреломление
кальцита (фото автора)



Рис. 13. Полупрозрачный огненный
опал (фото автора)

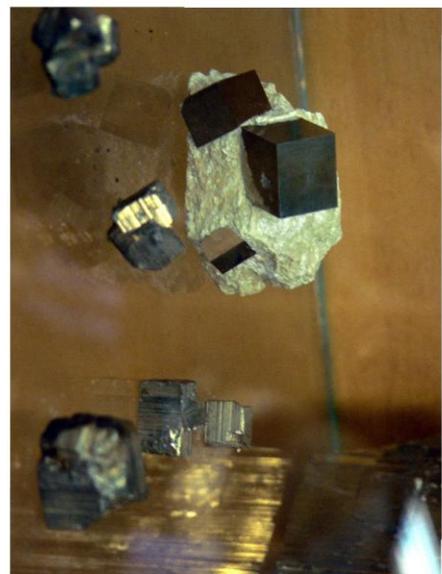


Рис. 14. Кубические кристаллы
пирита (фото автора)



Рис. 15. Двойники ставролита
(фото С. Соколова)



Рис. 16. Непрозрачные кристаллы
серпентина (фото автора)



Рис. 17. Форма самородков золота россыпи Ичетью на Среднем Тимане (макс. вес самородков – 24 г.). В золоте зёрна кварца (фото А. Макеева)

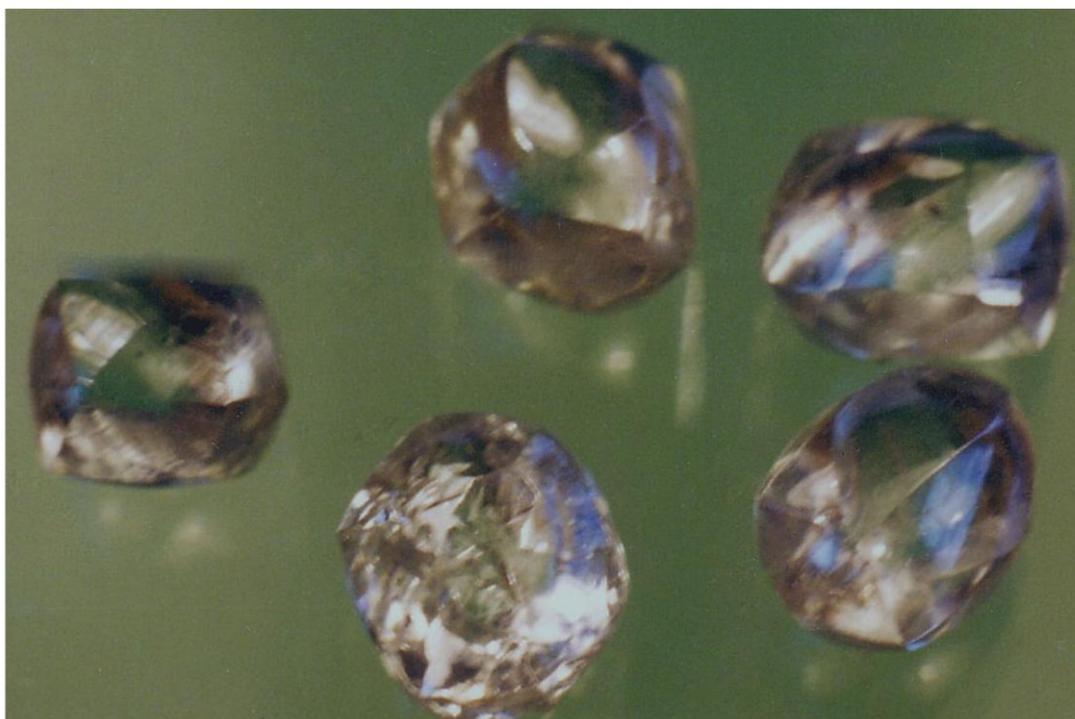


Рис. 18. Алмазы россыпного месторождения Ичетью (Средний Тиман), макс. размер кристаллов – 1 карат (фото А. Макеева)

Краткий геологический словарь

Автометаморфизм – совокупность процессов, связанных с застыванием магмы и воздействием химически активных веществ на остывающую внешнюю зону магматического тела с образованием специфических горных пород, отличных по строению и составу от магматической горной породы. Метаморфизм, вызываемый магмой (ее температурой, химически активными веществами – жидкими и газообразными, гидротермами и пневматолитами), воздействует на саму магму (отсюда – автометаморфизм). Результатом автометаморфизма являются серпентинизация дунитов и перидотитов, грейзенизация гранитов и т. д.

Акцессорные минералы – минералы, составляющие по объему незначительную часть горной породы (циркон, монацит, ксенотим, пироп, рутил и др.). Они имеют большое значение для определения источников сноса для скоплений (россыпей) этих минералов, а также для суждения о фациальных условиях осадконакопления, для корреляции разрезов и других целей.

Атмосфера – воздушная оболочка Земли, состоящая из смеси газов, среди которых преобладают азот и кислород. Важную роль играют водород и водяные пары, разная по происхождению пыль. Обладая изменяющимися температурой, количеством осадков, давлением водяных паров и другими характеристиками, атмосфера является одним из важнейших геологических объектов, производящих интенсивную геологическую деятельность.

Гидратация – процесс связывания частиц растворимого в воде вещества с водой. Присоединение молекул H_2O изменяет состав минерала с образованием минерала, содержащего гидратную или кристаллизационную воду.

Пример: ангидрит ($CaSO_4$) при гидратации превращается в гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$).

Гидролиз – химическое разложение минерала с разрушением его кристаллической решетки, одна из главных химических реакций при химическом выветривании горных пород.

Гидросфера – водная оболочка Земли, покрывающая более 70% поверхности планеты и включающая в себя все воды Мирового океана, рек, озер, болот и верхней части земной коры (подземные воды). В гидросфере происходят разнообразные геологические процессы, приводящие к образованию разных по составу и строению осадочных горных пород.

Гидротермальные растворы – восходящие водные горячие растворы, образованные в процессе остывания и кристаллизации магмы, обогащенные газо-

образными минеральными веществами. С гидротермами связано формирование рудных (металлических) и нерудных минералов с образованием крупных месторождений. Возможно также метаморфогенное происхождение гидротермальных растворов. Гидротермальные процессы – процессы, связанные с перемещением и кристаллизацией гидротермальных растворов.

Горная порода – естественная ассоциация природных минералов, образованных в примерно одинаковых условиях. По условиям образования различают три главных типа горных пород: осадочные, магматические и метаморфические.

Грейзены – метасоматические горные породы – продукты пневматолито-гидротермального изменения магматических и метаморфических горных пород преимущественно кислого состава. Главными минералами грейзенов являются: кварц, микроклин, альбит, слюды, топаз, флюорит.

Двойник – закономерное срастание двух кристаллов одного минерала. Характер срастания (тип двойников) является важным диагностическим признаком. Примеры: гипс образует двойники в виде «ласточкиного хвоста», ставролит – в виде скошенных крестов и т. д.

Дегидратация – процесс освобождения (выделения) воды из минерала или горной породы путем отщепления молекул в результате воздействия теплового поля Земли. Этот процесс, обратный процессу гидратации, приводит к обеднению органического вещества кислородом и обогащению углеродом и водородом. Простейший пример дегидратации: освобождение от воды гипса с превращением его в ангидрит.

Диагенез – процесс превращения осадка в осадочную горную породу. В процессе явлений диагенеза неравновесная физико-химическая система, представляющая собой осадок, превращается в устойчивую систему, составные части которой находятся в физико-химическом и термодинамическом равновесии друг с другом и с окружающей средой.

Жеода – крупная секреция округлой, изометрической или неправильной формы, представляющая собой минеральное заполнение естественных полостей в горных породах. Вещество отлагается послойно, образуя концентрически-зональные слои (например агат). Полость может иметь по стенкам щетки или друзы, в таком случае центральная часть остается незаполненной (пустой). Размер жеод достигает 1 м и более.

Земная кора – верхняя твердая часть литосферы, располагающаяся выше поверхности Мохоровичича. В ее составе преобладают кремний и алюминий, что послужило основанием для названия ее силикатной оболочкой. Различают два главных типа земной коры: континентальную (толщиной 30-70 км) и океа-

ническую (4-10 км). Существует также промежуточный или переходный тип земной коры от океанической к континентальной.

Зона окисления месторождений – верхняя часть месторождений, расположенная вблизи поверхности Земли, где под действием грунтовых вод, а также кислорода и CO₂ атмосферы окисляются и растворяются минералы, неустойчивые в окислительной обстановке. Сульфиды в этой зоне превращаются в окислы (пирит превращается в гематит, лимонит). Часть минерального вещества, растворяясь грунтовыми водами в зоне окисления, может переноситься ниже их уровня, образуя зоны вторичного обогащения минеральным веществом, иногда с образованием месторождений.

Интрузивные горные породы – магматические горные породы, образованные из магмы в результате ее остывания, затвердения и раскристаллизации в недрах Земли.

Иризация – явление яркого внутреннего отлива на гранях кристаллов или поверхностях спайности некоторых минералов при отражении от них световых лучей. Возможно, одной из причин иризации являются субмикроскопические ориентированные включения других минералов. Четкую иризацию проявляют лабрадор, олигоклаз и некоторые другие.

Катагенез – первая стадия преобразования осадочной горной породы после диагенеза перед выветриванием (регрессивный катагенез) или метаморфизмом (прогрессивный катагенез). В процессе катагенеза восстанавливается физико-химическое и термодинамическое равновесие в неустойчивой системе (горной породе), перемещенной в новые условия, с образованием новых минералов, называемых катагенетическими.

Кимберлит – порфировая ультраосновная горная порода небольших глубин – эруптивная брекчия, содержащая включения пиропсодержащих глубинных пород ультраосновного состава. Обычно образует трубки взрыва и дайки. В состав кимберлитов входят оливин, ильменит, хромдиопсид, хромшпинелиды, флогопит, иногда алмазы и другие минералы. Кимберлиты являются коренными источниками алмазов.

Классификация – система соподчиненных понятий, фиксирующая закономерные связи между классами явлений, предметов или объектов в ней по комплексу определяющих свойств. В геологии широко используются классификации явлений (процессов: эндогенные и экзогенные; объектов и предметов: минералов, горных пород, полезных ископаемых). Научная классификация является результатом глубокого анализа и обобщения, она строится на основе выделения общего и частного в изучаемых явлениях, предметах и объектах.

Конкреция – стяжение минерального вещества вокруг центров кристаллизации, часто образованных скоплениями органического вещества. Обычно они образуются в ранне- и позднедиагенетическую стадию формирования осадочной горной породы.

Контактный метаморфизм – процесс метаморфизма горной породы в зоне контакта с интрузией, протекающий как результат термического и химического взаимодействия раскаленных расплавов, растворов и газов с замещаемыми минералами. Главная особенность контактового метасоматоза – изменение первичного химического состава горных пород или минералов.

Кора выветривания – комплекс горных пород, образующийся в верхней части земной коры в результате преобразования разных по составу и происхождению исходных пород под воздействием атмосферных процессов. Кора выветривания обладают своеобразной зональностью, специфической для разных климатических зон, разных по составу горных пород, условий рельефа и т. д. Такая зональность называется *профилем выветривания*.

Кристаллическая решетка – совокупность точек (узлов) кристалла, в которых располагаются одинаковые атомы, ионы или молекулы, образующие данный минерал. Характером строения кристаллической решетки определяются важнейшие свойства минералов (спайность, твердость и др.).

Лагуна – часть морского бассейна, имеющая затрудненный водообмен с основным бассейном (открытым морем). Лагуны могут быть образованы полосами береговых валов, сближенными насыпями или атоллами.

Литосфера – твердая наружная оболочка Земли толщиной от 50 до 250 км, имеющая большую прочность, состоящая из земной коры и верхней части верхней мантии. В литосфере происходят активные эндогенные геологические процессы. Снизу она ограничена астеносферой, разделяющей верхнюю и нижнюю части верхней мантии; верхним ограничением литосферы являются атмосфера и гидросфера.

Магма – высокотемпературный природный расплав преимущественно силикатного состава, обогащенный растворенными в нем газообразными веществами (H_2O , CO_2 , H_2 , H_2S , Br , Cl и др.), образующийся в нижней части земной коры или в верхней части мантии.

Магматизм – эндогенный геологический процесс, связанный с выплавлением магмы в недрах Земли, продвижением ее к поверхности, остыванием, раскристаллизацией и превращением в магматическую горную породу в недрах Земли или на ее поверхности.

Месторождение – естественное скопление в недрах Земли или на ее поверхности минералов или горных пород в количестве и с качеством, позволяющими экономически целесообразно извлекать их из недр при современном состоянии развития науки, техники и технологии.

Метаморфизм – геологический процесс преобразования горных пород любого происхождения и состава под действием эндогенных факторов (давление, температура, химически активные вещества), вызывающих изменение физико-химических условий в земной коре.

Миндалина – мелкая пустота в эффузивных горных породах, заполненная гидротермальными или пневматолитовыми минералами (халцедон, кварц, хлорит, кальцит и др.). Миндалины могут быть округлой, овальной, неправильной причудливой формы.

Минерал – природное химическое соединение или химический элемент, однородные по составу и строению, образованные в литосфере или на ее поверхности в результате естественных физико-химических и термодинамических процессов.

Морфология минерала – форма минеральных выделений или кристаллов (изометрические, столбчатые, удлинённо-призматические, листоватые, игольчатые, пластинчатые, дендритовидные, неправильные и др.).

Пневматолитиз – образование минералов при участии газовых летучих компонентов магмы, выносящих из нее многие металлы с образованием месторождений полезных ископаемых. Обычно пневматолитиз сопровождается гидротермальным процессом.

Побежалость – ложная радужная окраска минерала, возникающая в результате проявления активных процессов окисления. Представляет собой сложное сочетание пестрых окрасок, часто точечного расположения. Чаще других побежалостью отличаются сульфиды меди и железа в зоне окисления.

Полисинтетические двойники – сростки нескольких кристаллов по параллельным плоскостям, что обеспечивает их одинаковую пространственную ориентировку. Характерны для плагиоклазов (альбит-анортитовый ряд изоморфного замещения Na и Ca) и некоторых других минералов.

Постмагматические процессы – процессы, завершающие магматизм. К ним относят гидротермальные и пневматолитовые (гидротермально-пневматолитовые) процессы, являющиеся проявлениями остаточных магматических растворов.

Региональный метаморфизм (глубинный) – метаморфизм, вызываемый высокими давлениями и высокой температурой в недрах Земли. Преобразование горных пород происходит в твердом состоянии при интервале температур от +300 до +950°C.

Россыпь – геологическое тело, образованное скоплением полезных минералов (редких, благородных, драгоценных) в количествах, достаточных для экономически целесообразной их добычи. Россыпи с непромышленными содержаниями полезных минералов называют россыпепроявлениями.

Секреция – минеральное замещение пустот в горных породах, отличающееся от них по составу. Заполнение происходит от периферии пустоты к центру и может быть полным или неполным. Мелкие секреции называются миндалинами, крупные – жеодами. При неполном заполнении секретий центральная их часть остается пустой, а стенки покрываются щетками или друзами кристаллов.

Симметрия – закономерная повторяемость равных частей, слагающих фигуру (кристалл). Она описывается с помощью элементов симметрии: центра, плоскостей и осей симметрии.

Сингония – группа видов симметрии, которая при одинаковом числе единичных направлений обладает одним или несколькими сходными элементами симметрии. Например, кристаллы, обладающие осями симметрии 4-го порядка, принадлежат тетрагональной сингонии.

Структура горной породы – особенности строения породы, обусловленные степенью кристалличности, формой, величиной и взаимоотношением в ней ее составных частей.

Текстура горной породы – совокупность особенностей внутреннего строения горной породы, обусловленная пространственным взаимоотношением отдельных ее составных частей и их ориентировкой по отношению к поверхности напластования.

Туффизит, или инъекционный туффизит, – горная порода, образованная в результате инъекции магматического расплава, пересыщенного горячими флюидами, в перекрывающие пористые (песчаники, конгломераты, алевролиты и другие породы). В Вишерском крае являются коренными источниками алмазов. К. Э. Якобсон с соавторами (1999) определяет инъекционные туффизиты как «*породы, сформировавшиеся в результате термохимической реакции между проникаемым осадком и инъецированным в него под давлением флюидосодержащим магматическим расплавом, как правило, ультраосновного состава*».

Эффузивная горная порода – магматическая горная порода, которая образовалась при остывании и затвердении магмы на поверхности Земли. В отличие от интрузивных горных пород, эффузивные содержат вулканическое стекло, могут быть пористыми (пемза) или миндалекаменными (базальты).

Библиографический список

1. *Бетехтин, А. Г.* Курс минералогии [Текст] : учебник / А. Г. Бетехтин, Б. И. Пирогов, Б. Б. Шаурский. – М. : КДУ, 2008. – 736 с.
2. *Геологический словарь* [Текст] : в 2 томах. – М. : Недра, 1973. – Т. I. – 486 с.; Т. II. – 456 с.
3. *Даминова, А. М.* Породообразующие минералы [Текст] : учеб. пособие / А. М. Даминова. – М. : Высшая школа, 1974. – 205 с.
4. *Куровец, М. И.* Кристалло-морфологические свойства минералов [Текст] / М. И. Куровец. – Киев : УМК ВО, 1988. – 160 с.
5. Пособие к лабораторным работам по общей геологии [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Павлинов [и др.]. – М. : Недра, 1988. – 149 с.
6. *Плякин, А. М.* Породообразующие минералы [Текст] : учеб. пособие / А. М. Плякин, В. А. Жемчугова, Н. П. Минова. – Ухта : УГТУ, 2004. – 88 с.
7. *Плякин, А. М.* Кристаллография [Текст] : метод. указания к лаб. работам / А. М. Плякин. – Ухта : УГТУ, 2009. – 15 с.
8. *Шафрановский, И. И.* Краткий курс кристаллографии [Текст] / И. И. Шафрановский, В. Ф. Алявдин. – М. : Высшая школа, 1984. – 120 с.
9. *Якобсон, К. Э.* Инъекционные туффизиты на севере Русской платформы [Текст] / К. Э. Якобсон, А. П. Казак, Е. В. Толмачёва // Геология и минеральные ресурсы европейского Северо-Востока России. Новые результаты и перспективы. – Сыктывкар, 1999. – Т. 2. – С. 177-178.

Учебное издание

Анатолий Митрофанович Плякин

ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

Учебное пособие

Редакторы Л. А. Кокшарова, К. В. Коптяева
Технический редактор Л. П. Коровкина

План 2011 г., позиция 19. Подписано в печать 29.07.2011 г.
Компьютерный набор. Гарнитура Times New Roman.
Формат 60 x 84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Печать трафаретная.
Усл. печ. л. 5,9. Уч.- изд. л. 5,0. Тираж 500 экз. Заказ № 255.

Ухтинский государственный технический университет.
169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.
Типография УГТУ.
169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Октябрьская, 13.