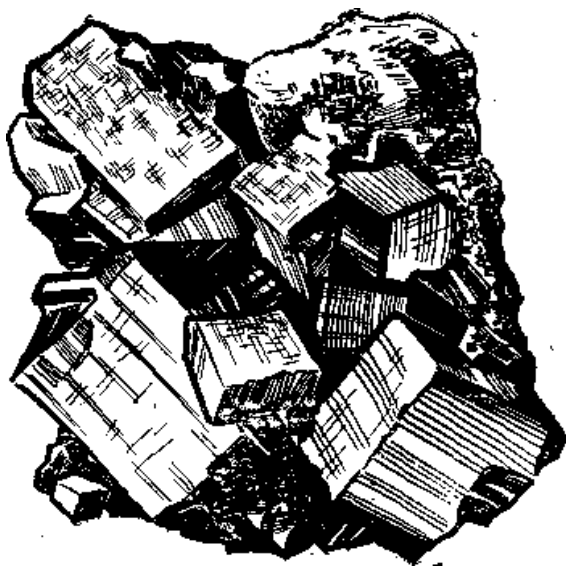


ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ  
ПО ГЕОЛОГИИ  
(минералы)



Карачаевск 2004

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Карачаево-Черкесский государственный университет

# **ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ ПО ГЕОЛОГИИ (МИНЕРАЛЫ)**

Учебно-методическое пособие



Карачаевск 2004

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Карачаево-Черкесского государственного университета

Лабораторные занятия по геологии (минералы). Учебно-методическое пособие для студентов I курса отделений география и экология естественно-географического факультета. – Карачаевск: КЧГУ, 2004. – 73 с.

Учебно-методическое пособие содержит общие сведения о минералах, их физических признаках и свойствах. Подробно изложена классификация минералов; приведён определитель, содержащий 42 главнейших породообразующих минерала.

Предназначено студентам географических и экологических специальностей вузов.

Составитель: П.А. Кипкеева

Рецензенты: В.И. Жуган, геолог, директор музея минералов,  
руд и самоцветов «Удивительное в  
камне» (Геберда),

Ю.Я. Потапенко, д. г-м. н., проф., (КЧГУ)

© Карачаево-Черкесский государственный университет  
2004

## ВВЕДЕНИЕ

Пособие составлено в соответствии с программой по курсу «Общая геология» для студентов отделений география и экология естественно-географического факультета.

Лабораторные занятия по геологии представляют собой весьма важную составную часть этого курса и имеют большое значение для всего цикла географических и экологических дисциплин. На них студенты должны, во-первых, познакомиться с главнейшими породообразующими минералами и важнейшими горными породами, с приемами их макроскопической диагностики.

При его составлении использовались: 1) «Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии», написанное большим коллективом авторов: В. Н. Павлиновым, А. Е. Михайловым, Д. С. Кизевальтером, К.М. Мельниковой, Г.Н. Лин, М. И. Никитиной, А. А. Рыжовой (1988); 2) «Руководство к курсу геология и полевая геологическая практика» - Бондаревым В.П. (1979). А также использован многолетний опыт работы д. г.-м. н. проф. Потапенко Ю.Я. (чтение лекций, проведение лабораторно-практических занятий, полевые геологические маршруты) со студентами естественно-географического факультета КЧГУ. Коллекции ископаемой фауны, минералов, руд и горных пород, используемая на занятиях собраны проф. Ю.Я. Потапенко и геологом Урупского ГОКа В.И.Жуганом.

По учебному плану на изучение курса геологии на 1 курсе (I семестр) отводится 36 часов лекционных, 36 ч. - лабораторных занятий, и 30 ч. - самостоятельной работы.

Лабораторный практикум содержит 10 подробно разработанных тем, освещающих достаточно полно основные вопросы по минералогии. Каждый из таких разработок представляет самостоятельную лабораторную работу, тесно связанную с остальными темами. Проработка всех лабораторных работ позволит студентам ознакомиться с начальными сведениями по кристаллографии, минералогии, научит пользоваться определителем породообразующих минералов. Курс геологии в зимнюю экзаменационную сессию завершается экзаменом. В отличие от предыдущих пособий к лабораторным занятиям, в настоящем, каждая тема лабораторной работы сопровождается контрольными вопросами, для самопроверки.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 (2 ч)

**Тема:** Понятие о минералах.

**Цель:** дать общие сведения о минералах, рассмотреть основные признаки кристаллических веществ.

**Демонстрационная графика и раздаточный материал:**

1. Образцы минералов.
2. Набор макетов кристаллов.
3. Рис. «Кристаллические решетки некоторых минералов».

**План.**

**1. Понятие «минерал».**

**2. Основные признаки кристаллических веществ.**

### **1. Понятие «минерал»**

**Что такое минералы?** Земная кора состоит из минералов. Луна, наша ближайшая соседка, и метеориты, падающие на Землю из космического пространства, также состоят из минералов. И другие планеты... Но не будем слишком удаляться от Земли. Того, что сказано, достаточно для вывода: минералы — вездесущи.

Понятие «минерал» в разное время имело и разное содержание. Когда мы читаем в рукописи древнего ученого, что горный хрусталь (кварц) есть «сгущенная горная вода», а рубин — застывшие «капли крови чудовищ», то не должны снисходительно улыбаться. Ведь тогда не были известны способы химического анализа вещества и не имели понятия о кристаллическом строении. Еще сравнительно недавно, в 1852 году, известный минералог Н. Кокшаров привел в своем труде «Материалы для минералогии России» лишь три исключительно ценных и трудоемких по тем временам анализов русских бериллов. А сейчас мы знаем сотни химических анализов этого минерала, основной бериллиевой руды, и множество других.

**Минералы** (термин происходит от лат. *minera* — руда) — это природные химические соединения или самородные элементы, возникшие в результате разнообразных физико-

химических и термодинамических процессов, происходящих в земной коре и на ее поверхности. Минералы в природе находятся преимущественно в твердом состоянии, реже встречаются жидкие (ртуть, вода) и газообразные (горючие газы, углекислый газ) минералы. Мы будем рассматривать описание только твердых минералов.

В настоящее время известно более 3000 минералов (включая разновидности), но лишь очень немногие из них имеют широкое распространение в составе горных пород. Они называются пороодообразующими. В курсе общей геологии изучаются не все, а только главнейшие минералы.

## **2. Основные признаки кристаллических веществ**

Наиболее простой и распространенный метод изучения минералов — это знакомство с ними по внешним признакам, т. е. определение их макроскопическим путем, в отличие от микроскопического и других более точных методов, применяемых в минералогии, петрографии и минераграфии. Твердые минералы в большинстве случаев являются *кристаллическими веществами*, имеющими форму либо более или менее хорошо выраженных многогранников, либо неправильных зерен или сплошных масс. Реже встречаются *аморфные минералы*, образующие бесформенные массы.

Основным признаком кристаллических веществ является строго определенная группировка слагающих их атомов и ионов, которые занимают определенные места в пространстве, создавая *кристаллические решетки*. Геометрически кристаллическая решетка представляет собой плотно пригнанные друг к другу многогранники (кубы, октаэдры, параллелепипеды, ромбоэдры и др.), в вершинах, центрах или серединах граней которых на строго определенном расстоянии располагаются атомы (или ионы). Они образуют так называемые *узлы кристаллической решетки*. Совокупность узлов, лежащих вдоль прямой и периодически повторяющихся через равные промежутки, формирует *ряд пространственной решетки*, а совокупность рядов, расположенных в одной плоскости,— плоскую *сетку кристаллической решетки*.

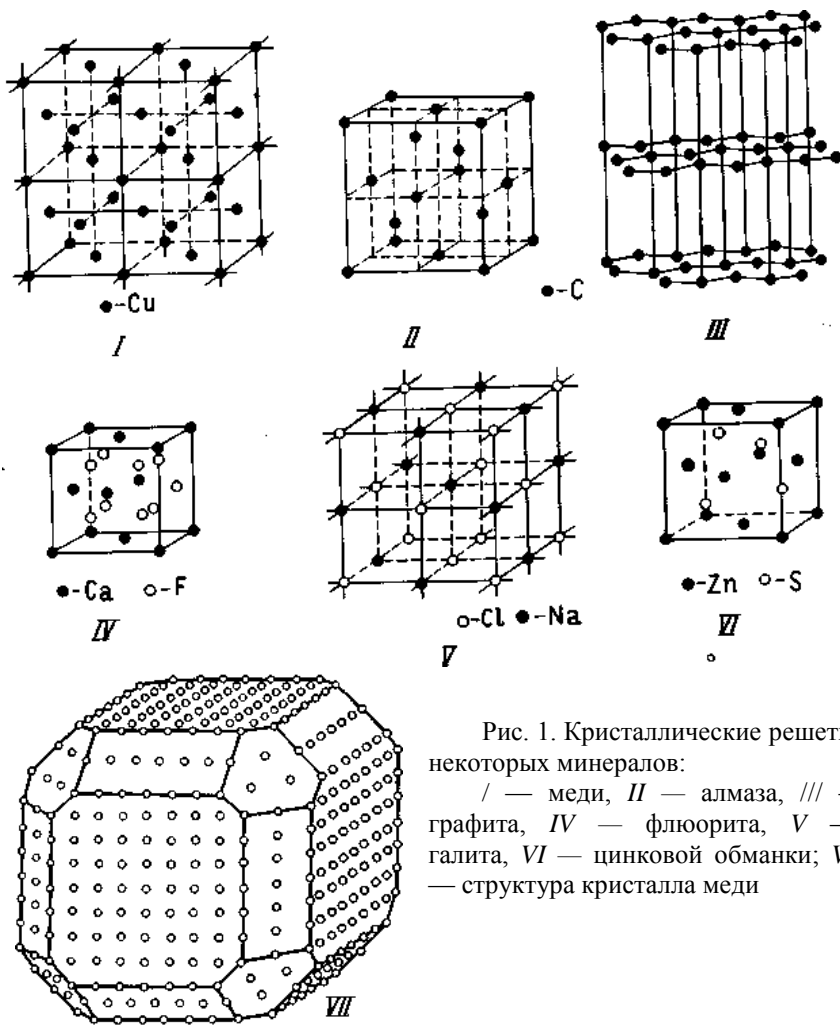


Рис. 1. Кристаллические решетки некоторых минералов:  
 / — меди, II — алмаза, III — графита, IV — флюорита, V — галита, VI — цинковой обманки; VII — структура кристалла меди

В зависимости от величины ионного радиуса данного иона находится число соприкасающихся с ним в кристаллической решетке ионов другого элемента (рис. 1). Например, в решетке галита каждый ион натрия окружен шестью ионами хлора, расположенными в шести углах октаэдра, так же, как и каждый ион хлора окружен шестью ионами натрия (см. рис. 1, V). Кристаллические структуры очень разнообразны, и выражается это разнообразие во внешнем облике кристаллов, их форме.

Кроме явно кристаллических веществ, в земной коре широко распространены *скрытокристаллические*, к числу которых относятся коллоиды. Как известно, коллоидами являются разнородные дисперсные системы, состоящие из дисперсной среды (растворитель) и дисперсной фазы (тонкораспыленные частицы). Среди коллоидов различают золи, в которых дисперсная среда преобладает над дисперсной фазой, и гели, в которых, наоборот, преобладает дисперсная фаза. Примером зольей могут служить железистые воды, а гелей — лимонит (гель гидроксидов железа), опал (гель кремнезема) и др. Потерявшие с течением времени воду гели подвергаются перекристаллизации, при этом часто возникают радиально-лучистые, зернистые или волокнистые агрегаты, называемые метаколлоидами (бывшие коллоиды). Рентгеноструктурные исследования показали, что твердые коллоиды представляют собой не аморфные, как считали ранее, а скрытокристаллические вещества.

Аморфные (стеклообразные) вещества подобны жидкостям или расплавам. Их физические свойства — электро-, теплопроводность, твердость и другие — изотропны, т. е. одинаковы во всех направлениях. Различие во внутреннем строении приводит и к различию свойств и внешних признаков кристаллических и аморфных веществ.

### **Контрольные вопросы по теме: «Понятие о кристаллах»**

1. Что такое минералы?
2. В каком виде минералы встречаются в природе?
3. Каковы основные признаки кристаллических веществ?



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 (4 ч)

**Тема:** Свойства кристаллических веществ.

**Цель:** рассмотреть основные свойства кристаллических веществ, кристаллографические оси и элементы симметрии.

**Демонстрационная графика и раздаточный материал:**

1. Образцы минералов.
2. Набор макетов кристаллов.
3. Рис. «Элементы симметрии».
4. Рис. «Наиболее распространенные формы кристаллов различных сингоний».
5. Табл. «32 вида симметрии кристаллов»

### План

1. Элементы кристалла.
2. Закон постоянства граничных углов.
3. Кристаллографические оси и элементы симметрии.

#### *1. Элементы кристалла*

Основы учения о строении кристаллов были разработаны русским ученым-кристаллографом Е. С. Федоровым. В конце XIX в. он создал учение о симметрии кристаллов и выделил 230 видов симметрии, группирующихся в семь кристаллографических систем, или сингоний. Впоследствии гениальные выводы Е. С. Федорова были полностью подтверждены рентгеноструктурным анализом.

К числу характерных свойств большинства кристаллических минералов относится *свойство самоограничения* при их росте, т. е. способность образовывать кристаллы. Каждому минералу присуща своя кристаллическая форма, зависящая от типа химических связей решетки, химического состава и условий его формирования. В кристалле различают следующие элементы:

*грани*, или плоскости, ограничивающие кристаллы,  
*ребра* — линии пересечения граней,  
*вершины* — точки пересечения ребер,

*гранные углы* — углы между гранями.

*Вершины кристаллов* соответствуют узлам, ребра — рядам, а грани — плоским сеткам пространственной решетки.

## 2. Закон постоянства граничных углов

Для всех кристаллов одного и того же вещества углы между соответствующими гранями одинаковы и постоянны. Это закон постоянства граничных углов — один из важнейших законов кристаллографии (рис. 2, I). Он дает возможность

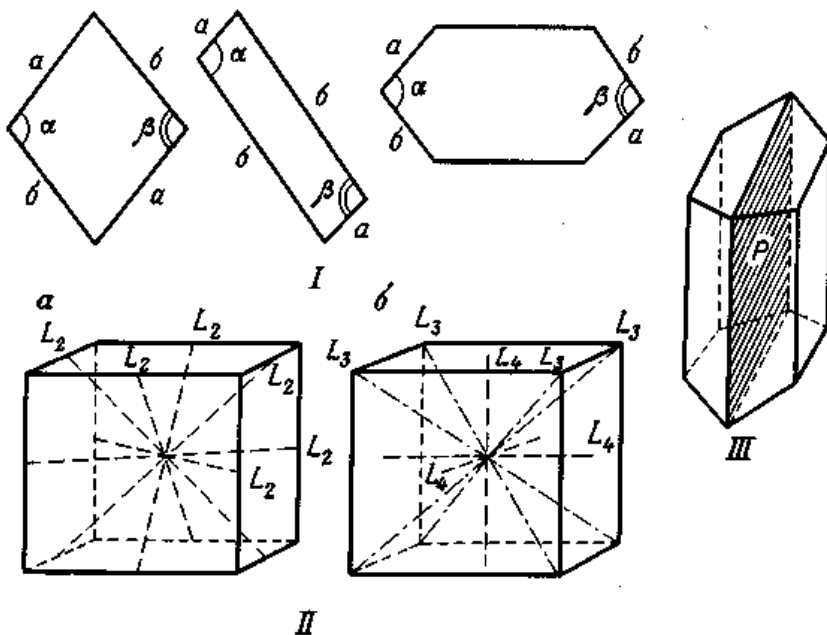


Рис. 2. Элементы симметрии:

*I* - постоянство граничных углов при меняющейся форме кристаллов одного минерала (*a*, *b* - грани;  $\alpha$ ,  $\beta$  - граничные углы); *II* расположение осей симметрии в кубе: *a* - второго порядка  $L_2$ ; *b* - третьего порядка  $L_3$  и четвертого  $L_4$  порядков; *III* — расположение плоскости симметрии *P* в кристалле гипса

определять минералы даже в мелких обломках кристаллов, если они в какой-то мере сохраняют естественные грани. Закон постоянства граничных углов позволяет вывести для каждого естественного кристалла идеальную форму, которая

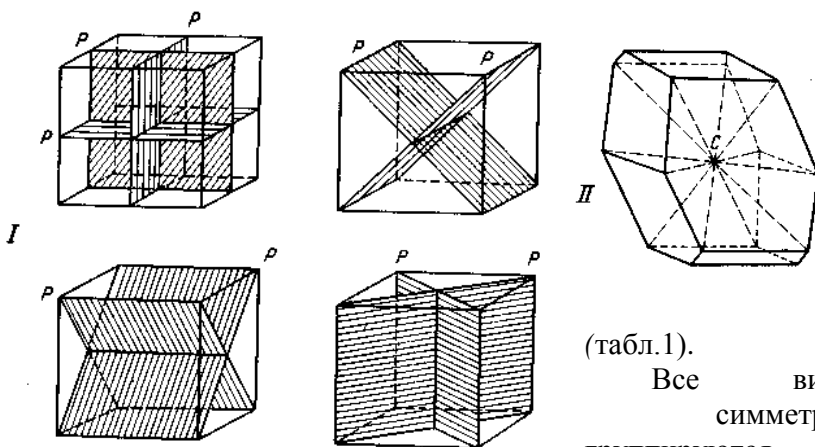
характеризует свойственный данному кристаллу *тип симметрии* т. е. сочетание кристаллографических элементов. Однако при одних и тех же граничных углах форма кристаллов может быть различна.

### **3. Кристаллографические оси и элементы симметрии кристаллов**

**Симметрия** — это закономерность расположения элементов ограничения кристалла, выражающаяся в повторяемости частей при вращении вокруг некоторой прямой линии. Эта прямая линия, при повороте вокруг которой на один и тот же угол все части кристалла симметрично повторяются  $n$  раз, называется *осью симметрии* (обозначается буквой  $L$ ). Число  $n$ , показывающее, сколько раз при повороте на  $360^\circ$  вокруг оси симметрии части кристалла могут совмещаться с их исходным положением, называется порядком оси симметрии и обозначается цифрой (ставится внизу справа от  $L$  — см. рис. 2, //). Число  $n$  всегда целое, и в кристаллах могут существовать оси симметрии только второго, третьего, четвертого и шестого порядков. Так, при вращении вокруг оси кристалла, имеющего вид правильной шестигранной призмы, при каждом повороте на  $60^\circ$  будет наблюдаться совмещение его граней, ребер и вершин с их начальным положением. Следовательно, этот кристалл построен симметрично, имеет ось симметрии шестого порядка.

*Плоскость симметрии* — мысленно проведенная плоскость, которая делит кристаллы на две зеркально равные части (обозначается буквой  $P$  — см. рис. 2, ///). В кубе таких плоскостей девять (рис. 3, /). Кроме осей и плоскостей симметрии, многие кристаллические многогранники имеют *центр симметрии* — точку внутри кристалла, на равных расстояниях от которой в диаметрально противоположных направлениях располагаются одинаковые элементы ограничения — параллельные грани, вершины (обозначается буквой  $C$  — см. рис. 3, //).

Ось, плоскость и центр симметрии называются *элементами симметрии*. Русский ученый А. В. Гадолин доказал, что у кристаллов возможны 32 различные комбинации элементов симметрии, называемые *видами*, или *классами симметрии*



(табл.1).  
 Все виды симметрии группируются по степени сложности

Рис. 3. Элементы симметрии:

/—расположение девяти плоскостей симметрии  $P$  в кубе (на рисунке заштрихованы); // — расположение центра симметрии  $C$

в семь крупных групп, или систем — *кристаллографических сингоний*. Среди них выделяются низшие, средние и высшие.

Наименее симметричные кристаллы — триклинной сингоний (рис. 4, 1—3). У них из всех возможных элементов симметрии обычно наблюдается только центр симметрии, но иногда и он отсутствует. Этот вид сингоний свойствен альбиту, микроклину и другим минералам.

К моноклинной сингоний (см. рис. 4, 4—5) относятся кристаллы, которые имеют либо одну плоскость симметрии, либо одну ось второго порядка, либо и ту и другую вместе в сочетании с центром симметрии. К этой категории принадлежат ортоклаз, гипс, мусковит, некоторые амфиболы.

Ромбической сингонией (см. рис. 4, 6—9) обладают кристаллы с одной или тремя осями второго порядка и двумя или тремя плоскостями симметрии ( $L_22P$  или  $3L_23PC$ ), а также

кристаллы с тремя осями второго порядка без плоскости симметрии ( $3L_2$ ). В поперечном сечении они имеют форму ромба. Перечисленные три вида сочетания — это категория низших сингоний.

Таблица 1.

**32 вида симметрии кристаллов**

Виды симметрии							
1	2	C					
3	4	$L_2$		5	$L_2PC$		
	6	$L_22P$	7	$3L_2$	8	$3L_23PC$	
9	10	$L_3C$	11	$L_33L_2$	12	$L_3L_23PC$	
14	15	$L_4PC$	16	$L_44L_4$	17	18	19
						$L_44L_25PC$	$L_4=L_2$
21	22	$L_6PC$	23	$L_66P$	24	25	26
						$L_66L_27PC$	$L_2=L_3P$
28	29	$4L_33L_23PC$	30	$4L_33L_2(3L_4)6P$	31	32	27
						$3H_4L_36L_29PC$	$L_2=L_33L_24P$
							$L_4(=L_2)2L_22P$

За основу взята таблица из учебника Г.М. Попова и И.И. Шаfranовского «Кристаллография» (М., 1972).

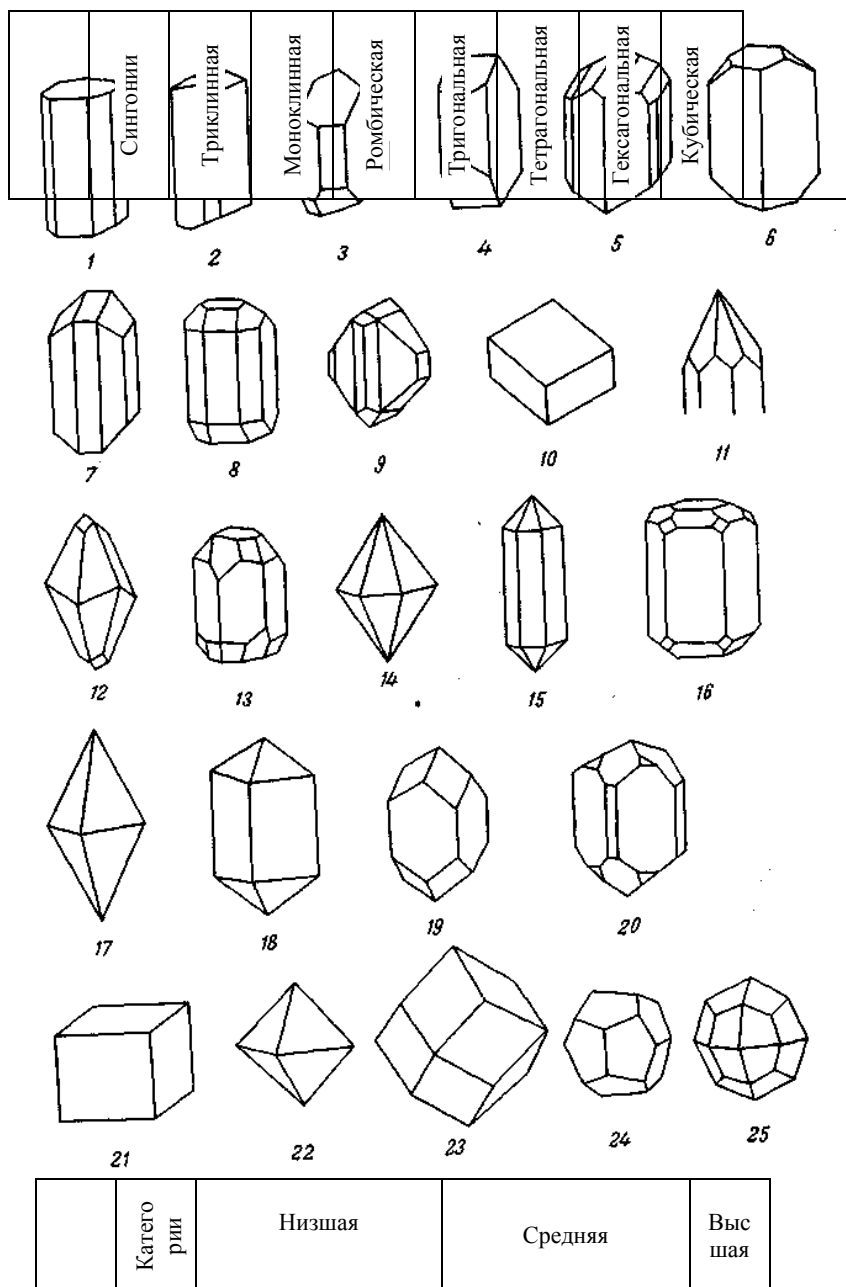


Рис. 4. Наиболее распространенные формы кристаллов различных

сингоний: 1-3 – триклинной, 4—5—моноклинной, 6—9—ромбической, 10—13 — тригональной, 14—16—гексагональной, 17-20 – тетрагональной, 21-25 – кубической

К средним сингониям относятся кристаллы только с одной осью симметрии высшего порядка; это кристаллы гексагональной (присутствует ось симметрии шестого порядка) и тетрагональной (присутствует ось симметрии четвертого порядка) сингоний, формы которых весьма сходны.

В тригональной сингонии высшее сочетание элементов симметрии—  $L_33L_23PC$ . Типичная форма кристаллов данной сингонии, например кристаллов кальцита, доломита, магнезита, гематита,— ромбоэдры. К этой же сингонии принадлежат корунд и кварц, хотя кристаллы последнего имеют вид гексагональных призм, увенчанных как бы гексагональными пирамидами. В действительности вершины кристаллов кварца представляют собой комбинацию двух ромбоэдров (см. рис. 4, 10—13).

Для кристаллов гексагональной сингоний характерна форма шестигранных призм, грани которых параллельны оси шестого порядка  $L_6$ . Таковы кристаллы апатита и нефелина (см. рис. 4, 14—16). Высшее сочетание элементов симметрии в ней —  $L_66L_27PC$ .

Тетрагональная, или квадратная, сингония отличается присутствием в кристаллах одной оси четвертого порядка. В сечении, перпендикулярном к этой оси, обычно наблюдается форма квадрата или восьмиугольника. Высшим сочетанием элементов симметрии в квадратной сингонии может быть  $L_44L_25PC$ . Эта сингония присуща, например, халькопириту и рутилу (см. рис. 4, 17—20).

К высшей сингонии относится кубическая, объединяющая наиболее симметричные кристаллы (каменная соль, пирит, алмаз, магнетит). Они имеют вид кубов, октаэдров и др. Высшее сочетание элементов в кубической сингонии —  $3L_44L_36L_29PC$  (см. рис. 4, 21—25).

Изучением кристаллической формы и структур минералов занимается наука кристаллография.

**Контрольные вопросы по теме: «Свойства кристаллических веществ»**

1. Какое свойство характерно большинству кристаллических минералов?
2. Назовите элементы кристалла.
3. Расскажите о законе постоянства граничных углов.
4. Дайте определение термину «симметрия»?
5. Назовите элементы симметрии кристаллов.
6. Расскажите о кристаллографических сингониях.
7. Определить на макетах кристаллов все элементы симметрии и записать общую формулу кристалла, например  $L_22P$  или  $3L_23PC$ .
8. Определить вид симметрии по таблице (табл. 1). Например, по формуле  $L_33L_2PC$  относят кристалл к 13 виду симметрии.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 (4 ч)

**Тема:** **Формы нахождения минералов в природе.**

**Цель:** рассмотреть формы нахождения минералов в природе.

**Демонстрационная графика и раздаточный материал:**

1. Образцы минералов.
2. Рис. «Три основные группы кристаллов, обладающих характерным обликом».
3. Рис. «Двойники кристаллов».
4. Рис. «Дендриты марганцевых соединений в известняке».
6. Рис. «Конкреции и натёчные формы».

### **Формы нахождения минералов в природе**

В природе кристаллические минералы встречаются как в виде одиночных кристаллов или их сростков, так и в виде скоплений, называемых минеральными агрегатами. Эти агрегаты состоят из компонентов, обладающих внутренним кристаллическим строением. Среди минералов выделяются три группы, обладающие характерным обликом, или габитусом, кристаллов:

1) изометрические, одинаково развитые по всем трем направлениям, — магнетит, пирит, гранат (рис. 5, /);

2) удлинённые в одном направлении — призматические, столбчатые, игольчатые и лучистые — барит, кварц и др. (см. рис. 5, //);

3) вытянутые в двух направлениях — таблитчатые, пластинчатые, листоватые и чешуйчатые — хлорит и др. (см. рис. 5, ///).

Некоторые минералы образуют закономерно сростшиеся кристаллы, которые называются *двойниками*, *тройниками* и т. д. Двойники возникают в результате взаимного прорастания или сростания кристаллов (рис. 6). Не следует смешивать закономерные сростки с незаконными агрегатами кристаллов, например с друзами и «щётками», нарастающими на

стенках полостей и пещер в горных породах. *Друзы* — это сростки более

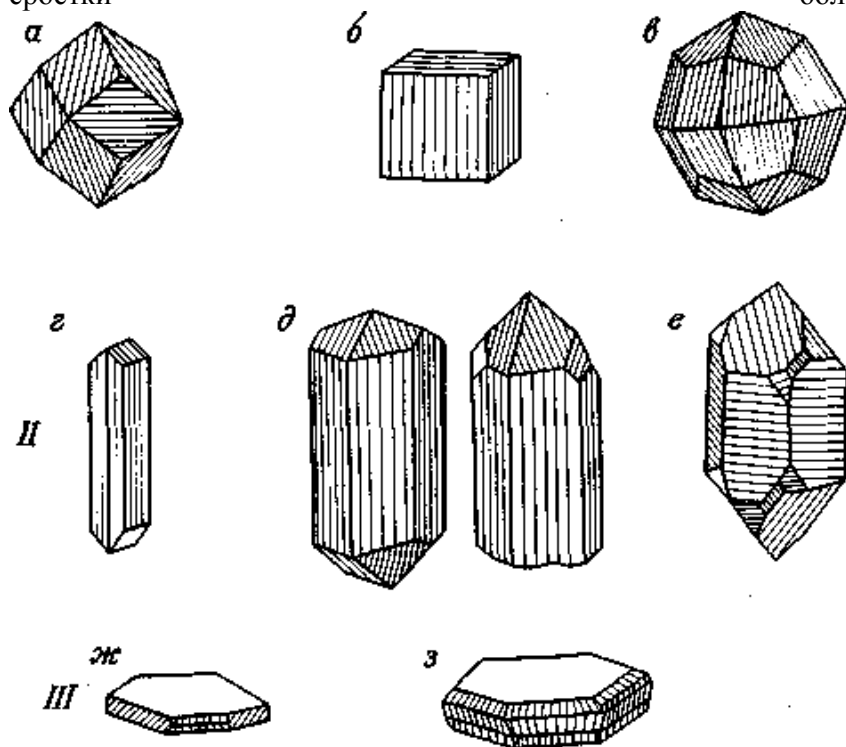


Рис. 5. Три основные группы кристаллов, обладающих характерным обликом (габитусом): / — изометрические (а — магнетит, б — пирит, е — гранат); // — вытянутые в одном направлении (г — барит, д — антимонит, е — кварц); /// — вытянутые в двух направлениях (ж — барит, з — хлорит)

или менее правильных кристаллов (рис. 7), часто приросших одним концом к породе. Для их образования необходимы открытые полости, в которых может происходить свободный рост

кристаллов. Кроме того, для многих кристаллических минералов типичны сложные неправильные формы — *дендриты*, *натечные агрегаты* и т. д. Дендриты возникают в результате быстрой кристаллизации минералов в тонких трещинах и порах породы и напоминают причудливые по форме ветки растений (рис. 8).

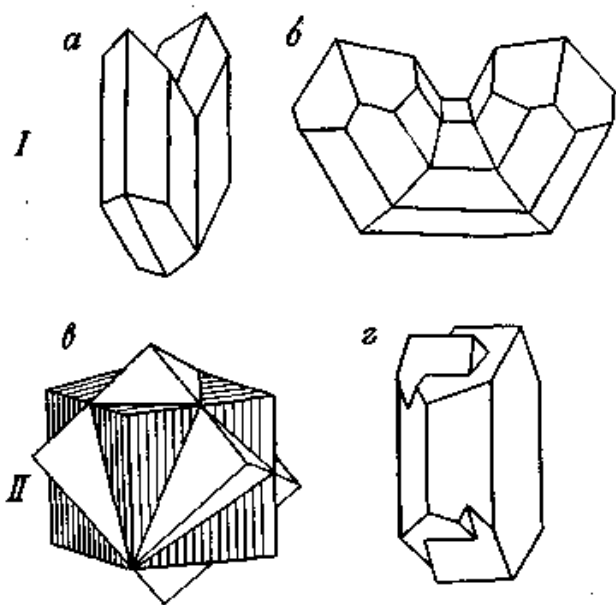
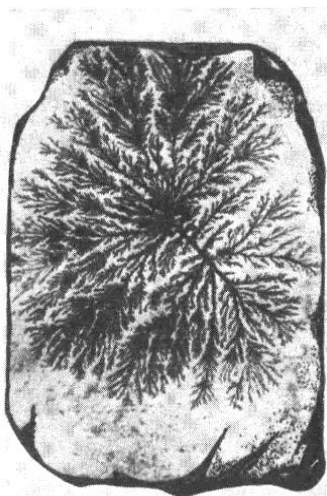
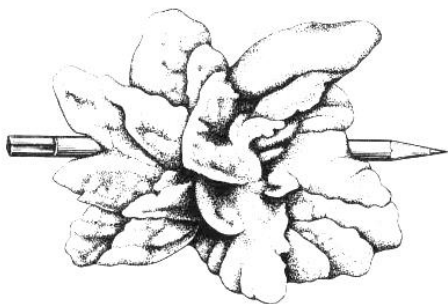


Рис. 6. Двойники кристаллов:  
 /—// — схемы различных типов двойникования: / — тип срастания (а — гипс, б — рутил), // — тип прорастания (в — флюорит, г — калиевый полевой шпат)

Иногда минералы почти целиком заполняют небольшие пустоты, образуя *секреции* (рис. 9, а). Для секреций типично концентрическое строение. Заполнение их минеральным веществом происходит от периферии к центру. Мелкие секреции в излившихся породах называются *миндалинами* (см. рис. 9, б), а крупные секреции с оставшейся в середине пустотой — *жеодами* (см. рис. 9, в). *Конкреции* представляют собой стяжения шарообразной или неправильной округлой формы (рис. 10); они формируются в результате отложения минерального вещества вокруг какого-либо центра кристаллизации, часто имеют радиально-лучистое внутреннее строение (см. рис. 10, ///). В отличие от секреций рост конкреций идет от центра к периферии. Очень часто в виде конкреций встречаются фосфорит и марказит. По строению с конкрециями сходны *оолиты* — мелкие (до 10 мм в поперечнике) округлые образования, имеющие концентрическое строение и возникающие при выпадении минерального вещества из водных растворов. Оолитовое строение часто характерно для руд



марганца, железа,  
алюминия и для  
известняка.

Рис. 7. Друзды  
кристаллов гипса (а) и  
кварца(б)

Рис. 8. Дендриты  
марганцевых соединений в  
известняке

Если кристаллизация веществ из растворов происходит медленно или раскристаллизации подвергаются коллоиды, то при этом формируются *натечные формы* (см. рис. 10, //), имеющие вид сосуллек, почек, гроздей, прожилков, жил или гнезд. Натёки, свисающие в виде сосуллек сверху, называются *сталактитами*, а нарастающие им навстречу снизу — *сталагмитами*.

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

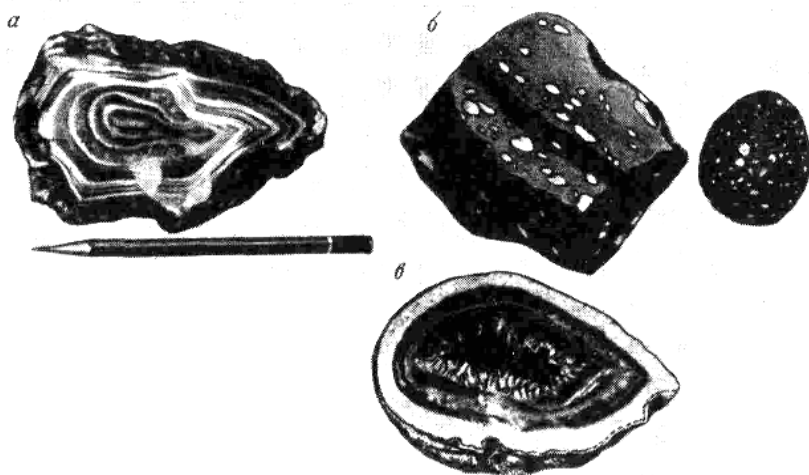


Рис. 9. Заполнение пустот в породе:  
 а—секреция, состоящая из агата и халцедона; б— миндалины в породе, выполненные халцедоном; в — жеода, выполненная кварцем и халцедоном

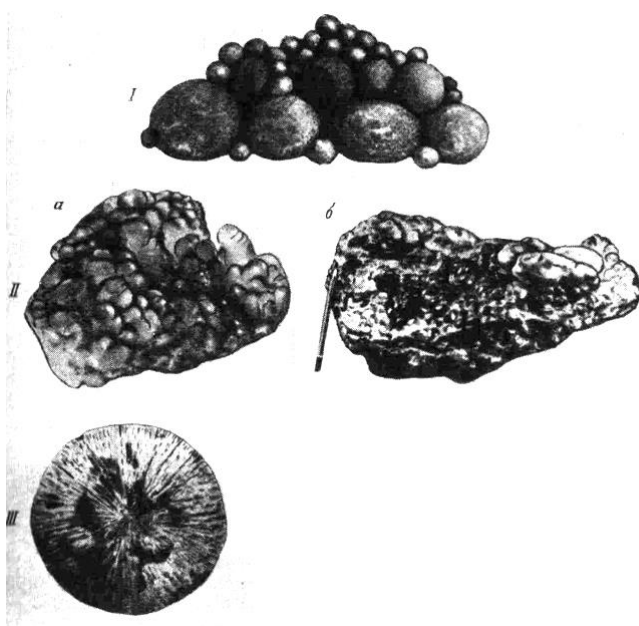


Рис. 10.  
 Конкреции и натечные формы: I - шарообразные песчаные конкреции; II - наиболее характерные почковидные натечные формы опала (а) и малахита (б); III - шарообразная конкреция малахита

В природе часто можно встретить минералы одной и той же кристаллической формы, но с переменным химическим составом. Эти минералы часто являются твердыми растворами, состоящими из одного или нескольких компонентов, аналогичных по структуре, но различных по составу. Количественные соотношения между ионами в таких формах могут меняться при сохранении основной структуры. Это явление, при котором в кристаллической решетке какого-либо вещества допускается замена одних ионов (например,  $\text{Fe}^{2+}$ ) ионами другого состава ( $\text{Ca}^{2+}$ ) без изменения основной формы кристаллической решетки, называется *изоморфизмом*. Примером изоморфной смеси могут служить плагиоклазы, представляющие собой смесь двух компонентов — альбита  $\text{Na} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$  и анортита  $\text{Ca} [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ . Для того чтобы изоморфизм стал возможным, взаимно замещающиеся ионы должны иметь близкие по размерам ионные радиусы и сумма их валентности должна быть одинаковой.

Способность некоторых минералов образовывать различные кристаллические формы при одном и том же химическом составе носит название *полиморфизма*. Так, кальцит ( $\text{CaCO}_3$ ) кристаллизуется в тригональной сингонии, а аналогичный по составу арагонит — в ромбической.

Другим примером могут служить алмаз, кристаллы которого относятся к кубической сингонии, и графит, образующий столбчатые кристаллы гексагональной сингонии. Оба минерала состоят из одного углерода. Иногда минералы принимают несвойственную им кристаллографическую форму, создавая точную копию другого минерала или органического образования. Такие формы называют *псевдоморфозами* (ложными формами). Простейшим примером псевдоморфоз являются окаменелости, в которых органическое вещество животного или растения целиком замещается кальцитом, опалом или халцедоном, но при этом сохраняются все особенности первоначальной формы. Часто встречаются также псевдоморфозы лимонита ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) по пириту ( $\text{FeS}_2$ ), представляющие собой кристаллы кубической формы полностью окисленного и перешедшего в лимонит пирита.

**Контрольные вопросы по теме: «Формы нахождения минералов в природе»**

1. Назовите группы минералов, обладающих характерным габитусом?
2. Какие минералы называются двойниками, тройниками и т.д.?
3. Что такое друзы?
4. Как образуются дендриты, натёчные агрегаты?
5. Что такое секрестии и конкреции?
6. Что называют сталактитами и сталагмитами?
7. Объясните явления изоморфизма, полиморфизма и псевдоморфизма.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 (4ч)

**Тема: Физические свойства минералов (1).**

**Цель:** рассмотреть физические свойства минералов: цвет, цвет черты, блеск, прозрачность, излом, спайность.

**Демонстрационная графика и раздаточный материал:**

1. Образцы минералов.
2. Рис. «Типы изломов».
3. Рис. «Спайность минералов».

### План.

1. **Цвет минералов.**
2. **Цвет черты (цвет минерала в порошке)**
3. **Блеск минералов.**
4. **Прозрачность**
5. **Излом.**
6. **Спайность.**

Для того чтобы распознать минералы по внешним признакам и определить приблизительно их состав, надо знать физические свойства каждого минерала. Следует иметь в виду, что отдельные физические свойства могут быть одинаковыми у различных минералов и, наоборот, какое-либо свойство (например, цвет или плотность) у одного и того же минерала может меняться в зависимости от состава и количества примесей. Поэтому при определении минерала необходимо установить возможно большее число его свойств. Только в отдельных случаях некоторые свойства (магнитность, твердость, оптические свойства и др.) бывают настолько характерны, что по одному из них можно сразу диагностировать минерал. Главнейшими физическими свойствами минерала являются цвет, цвет черты (цвет его в порошке), прозрачность, блеск, излом, спайность, твердость, плотность и некоторые другие.

### **1. Цвет минералов**

*Цвет минералов* является важным диагностическим признаком. Минералы могут иметь самую разнообразную окраску — белую, желтую, серую, розовую, красную, синюю,



чёрную и всевозможные оттенки. Встречаются также бесцветные и прозрачные минералы. Практически цвет определяют на глаз, сравнением с хорошо знакомыми предметами (молочно-белый, соломенно-желтый, кирпично-красный). Для обозначения цвета минералов, имеющих металлический блеск, к названию цвета добавляют название распространенного металла (свинцово-серый, оловянно-белый, латунно-желтый, медно-красный, железо-черный и т. д.). Окраска минералов зависит главным образом от их химического состава и состава примесей. Такими элементами-примесями являются железо, никель, кобальт, титан, уран, медь, хром и др.

Некоторые минералы меняют цвет в зависимости от освещения. Например, минерал лабрадор при некоторых углах поворота приобретает красивую радужную — синюю, серую или зеленую — окраску. Это свойство минералов называется *иризацией*. У лабрадора она возникает за счет интерференции света, отражающегося от обеих плоскостей микроскопических трещин спайности, заполненных тончайшими пленочками минерала ильменита ( $\text{FeTiO}_3$ ). Иногда, кроме основной окраски минерала, тонкая поверхностная пленка имеет дополнительную. Это явление называется *побежалостью* и объясняется интерференцией света в тонких слоях, образующихся на поверхности минералов. Обычно побежалость бывает радужной, как на халькопирите, когда поверхность минерала переливается синим, красным и фиолетовым цветом.

## **2. Цвет черты (цвет минерала в порошке)**

Многие минералы в растертом состоянии имеют другой цвет, чем в образце. Порошок можно получить, проводя куском минерала по белой шероховатой фарфоровой пластинке при условии, что твердость его меньше твердости фарфора (если твердость минерала выше твердости фарфора, то минерал образует на фарфоре царапину). *Цвет черты* — важный диагностический признак ряда распространенных минералов. Так, красный, бурый и магнитный железняк (гематит, лимонит и магнетит) в кусках (штуфах) часто имеют одинаковый цвет, и их можно различить только по разному цвету черты — соответственно красному, желтому или черному.

### **3. Блеск минералов**

*Блеск минералов* также является важным диагностическим признаком. Он зависит от показателя преломления минерала и его способности отражать от своей поверхности свет. По блеску все минералы можно разделить на три группы: с металлическим, полуметаллическим и неметаллическим блеском.

*Металлический блеск* — сильный блеск, свойственный металлам. Им обладают непрозрачные минералы, дающие в большинстве случаев черную черту на фарфоровой пластинке. Такой блеск наблюдается у самородных металлов (золото, серебро, платина), многих сульфидов и оксидов железа.

*Полуметаллический блеск* характерен для минералов, поверхность которых имеет вид потускневшего металла. К таким минералам относятся графит, гематит, черная цинковая обманка.

К третьей, наиболее обширной группе принадлежат минералы с *неметаллическим блеском*. У них различают следующие виды блеска: *стеклянный*, широко распространенный среди прозрачных минералов (кварц на гранях кристаллов, кальцит, гипс); *жирный*, типичный для тех минералов, поверхность которых кажется как бы смазанной маслом (кварц на изломе, нефелин); *перламутровый*, характерный для прозрачных минералов, которые блестят, как поверхность перламутровой раковины (он обусловлен отражением света от тонких пластинок или плоскостей спайности минералов, например слюды, талька); *шелковистый*, который наблюдается при тонковолокнистом строении минерала и напоминает блеск шелковых нитей (асбест, волокнистые разновидности гипса). Некоторые минералы обладают особенно сильным блеском, называемым *алмазным* (алмаз, некоторые разновидности цинковой обманки); *матовый блеск* (минералы не блестят) имеют минералы с пористой, неровной землистой поверхностью (каолинит).

### **4. Прозрачность**

*Прозрачность* — способность минералов пропускать свет. По степени прозрачности минералы делятся на *прозрачные* (горный хрусталь, каменная соль, топаз), *полупрозрачные*

(халцедон, опал), через которые видны лишь очертания предметов, *просвечивающие*, пропускающие свет только в очень тонких пластинках (полевые шпаты), и *непрозрачные*, через которые свет совсем не проходит (пирит, магнетит).

### 5. Излом

*Излом*, т. е. вид поверхности, образующейся при раскалывании минерала, также является важным диагностическим признаком ряда минералов. Он может быть *раковистым* (рис. 11, /), имеющим вид вогнутой и concentрически-волнистой поверхности, напоминающей поверхность раковин (горный хрусталь), *занозистым* с поверхностью, покрытой ориентированными в одном направлении занозами (гипс, роговая обманка — см. рис. 11, //), *неровным* (нефелин), *землистым* с матовой шероховатой поверхностью (каолинит, лимонит), *зернистым*, встречающимся часто у минеральных агрегатов.

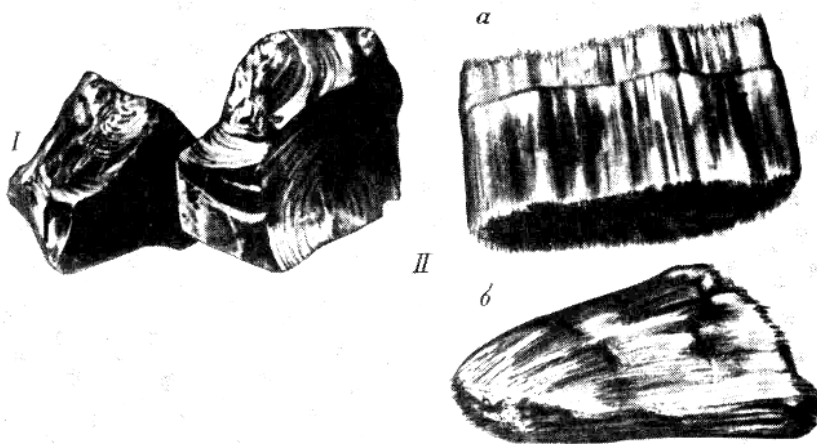


Рис. 11. Типы изломов:

/—раковистый дымчатого кварца, // — занозистый гипса (а) и роговой обманки (б)

### 6. Спайность

*Спайность* - это способность минералов раскалываться или расщепляться по блестящим параллельным плоскостям, по определенным кристаллографическим направлениям (одному

или нескольким), по которым в кристаллической решетке проявляется наименьшая сила сцепления частиц. Различают пять видов спайности. Весьма совершенная спайность (рис. 12, а) возникает тогда, когда минерал очень легко (например, ногтем)

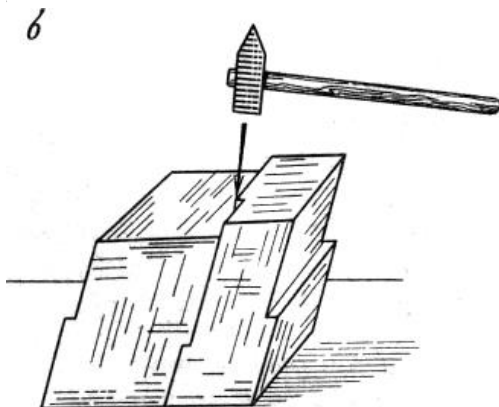


Рис. 12. Спайность минералов:

а — весьма совершенная слюды, б — совершенная кальцита

расщепляется на отдельные тончайшие листочки или пластинки, образуя зеркально-блестящие плоскости спайности (слюды, гипс, хлорит). *Совершенная спайность* (см. рис. 12, б) отличается тем, что минерал раскалывается при слабом ударе молотком на гладкие параллельные пластинки, кубы или другие формы (каменная

соль, кальцит).

*Средняя (явственная) спайность* характерна для минералов, при раскалывании которых возникают как плоскости спайности, так и поверхности с неровным изломом (полевые шпаты).

*Несовершенная спайность* обнаруживается с трудом. В этом случае при раскалывании минерала преобладают поверхности с неправильным изломом (апатит, оливин и др.). Некоторые минералы не обладают спайностью; в этом случае говорят о *весьма несовершенной спайности*. У таких минералов наблюдаются только незакономерные поверхности излома (молочно-белый кварц, золото).

Необходимо уметь отличать плоскости спайности от граней кристалла: плоскости спайности имеют более сильный блеск и

свежий вид; кроме того, они образуют ряд параллельных друг другу поверхностей. Характерным признаком для некоторых минералов является штриховка на гранях кристаллов (корунд, кварц, пирит и др.), тогда как поверхности спайности всегда гладкие, глянцевые.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 (4ч)

**Тема: Физические свойства минералов (2)**

**Цель:** рассмотреть физические свойства минералов: твёрдость, плотность, магнитность, двойное лучепреломление, на вкус.

**Демонстрационная графика и раздаточный материал:**

1. Образцы минералов.
2. Рис. «Двойное лучепреломление кальцита».

### План

1. Твёрдость.
2. Плотность.
3. Магнитность.
4. Двойное лучепреломление.
5. На вкус.

#### **1. Твёрдость**

*Твёрдость* представляет собой один из важнейших диагностических признаков. Под твёрдостью понимают степень сопротивления минерала внешним механическим воздействиям (царапанию, резанию, истиранию). Для определения твёрдости принята шкала Мооса, в которой в качестве эталонов используются минералы с известной и постоянной твёрдостью. Эти минералы располагаются в порядке возрастания твёрдости, так что предыдущий минерал царапается последующим.

При определении твёрдости минерала на его свежей поверхности проводят (с нажимом) черту острым углом минерала-эталона. Например, необходимо установить твёрдость

альбита. Из эталонной коллекции его не царапает ни один минерал до апатита включительно. Ортоклаз оставляет на нем слабый след, но и сам истирается при этом. Следовательно, у этих двух минералов равная твердость. Следующий по шкале твердости кварц при нажиме царапает альбит, следовательно, твердость альбита выше 5 и ниже 7, т. е. 6. Интервалы твердости между минералами-эталоны различные. Алмаз тверже талька не в 10, а более чем в 1000 раз в абсолютных единицах твердости. Самый большой интервал по твердости между корундом и алмазом.

### *Минералы — эталоны твердости*

Тальк $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$ .....	1
Гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ .....	2
Кальцит $CaCO_3$ .....	3
Флюорит $CaF_2$ .....	4
Апатит $Ca_5(F,Cl)[PO_4]_3$ .....	5
Ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$ .....	6
Кварц $SiO_2$ .....	7
Топаз $Al_2(F,OH)_2[SiO_4]$ .....	8
Корунд $Al_2O_3$ .....	9
Алмаз $C$ .....	10

На практике нередко прибегают к определению твердости при помощи распространенных предметов. Так, твердость карандаша 1, ногтя 2, бронзовой монеты — 3,5—4, стекла 5, иглы и стального перочинного ножа 6, напильника 7. Минералы с большей твердостью встречаются очень редко.

### **2. Плотность**

*Плотность* для различных минералов колеблется от 600 до 27 000 кг/м<sup>3</sup>. Точное определение плотности возможно лишь в лабораторных условиях путем взвешивания на гидростатических весах и посредством других специальных измерений. На практике для быстрого приблизительного определения плотности пользуются взвешиванием минералов на руке с оценкой «тяжелый», «средний», «легкий». По плотности все

минералы можно разделить на три категории: *легкие* — с плотностью до  $2500 \text{ кг/м}^3$  (нефти, смолы, угли, гипс, каменная соль), *средние* — с плотностью до  $4000 \text{ кг/м}^3$  (кальцит, кварц, полевые шпаты, слюды) и *тяжелые* — с плотностью больше  $4000 \text{ кг/м}^3$  (рудные минералы). Чаще всего встречаются минералы с плотностью от  $2000$  до  $5000 \text{ кг/м}^3$ .

### 3. Магнитность

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

Ряду минералов присущи особые свойства. Так, для карбонатов типична **реакция со слабой (5—10%-ной) соляной кислотой**, сопровождающаяся выделением углекислого газа в виде пузырьков. Некоторые карбонаты легко разлагаются в холодной кислоте (кальцит), другие вступают в реакцию после измельчения в порошок (доломит) или при подогревании (магнезит). Вскипают при воздействии соляной кислотой также многие сульфиды с образованием сероводорода. Сероводород легко отличим по характерному запаху.

### 4. Двойное лучепреломление

*Двойное лучепреломление* — свойство, отмечающееся у ряда минералов, но особенно хорошо выраженное у прозрачных разновидностей кальцита, называемых исландским шпатом. Если через исландский шпат рассматривать предмет, то возникает его двойное изображение (рис. 13).

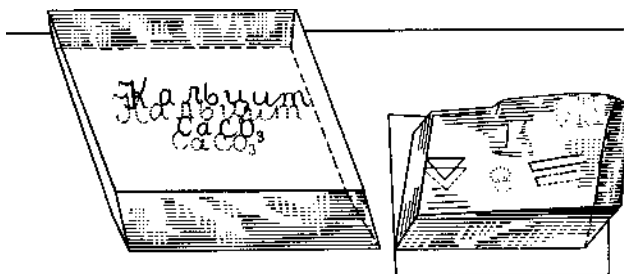


Рис. 13. Двойное лучепреломление кальцита (исландского шпата)

## **5. На вкус**

*На вкус* определяются лишь некоторые растворимые в воде соли. Этим методом легко отличить, например, каменную соль от сильвина: последний имеет горько-соленый вкус и слегка щиплет язык.

Следует учесть, что при макроскопическом определении минералов необходимо учитывать весь комплекс свойств.

### **Контрольные вопросы по теме: «Физические свойства минералов»**

1. Как различаются минералы по цвету?
2. Как различаются минералы по цвету черты?
3. Как различаются минералы по блеску?
4. Как разделяются минералы по степени прозрачности?
5. Как различаются минералы по излому?
6. Какие различают виды спайности минералов?
7. В каком порядке располагаются минералы по шкале Мооса?
8. Какие минералы обладают свойством магнитности?
9. Каким минералам свойственно лучепреломление?
10. Какие минералы определяются на вкус?



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 (4ч)

**Тема: Классификация минералов.**

**Цель:** рассмотреть классификации минералов, описать главные породообразующие и рудные минералы: самородные элементы, сульфиды, оксиды и гидроксиды, галогенные соединения.

**Демонстрационная графика и раздаточный материал:**

1. Образцы минералов.
2. Рис. «Оксиды и гидроксиды».
3. Рис. «Галогениды».

### План

1. Классификация минералов.
2. Самородные элементы.
3. Сульфиды.
4. Оксиды и гидроксиды.
5. Галогенные соединения.

#### 1. Классификация минералов

Современная классификация минералов основывается на их химическом составе и кристаллической структуре вещества. Работами Н. В. Белова, А. Г. Бетехтина и других ученых доказана взаимосвязь между химическим составом, физическими свойствами и кристаллическим строением вещества. Внутренняя структура минералов определяется в настоящее время рентгенометрическим методом исследований. По химическому составу и кристаллическому строению все известные минералы разделяются на несколько надклассов и классов. Важнейшими классами являются следующие: *самородные элементы, сульфиды, оксиды и гидроксиды, галогенные соединения, углеродистые соединения*. В состав надкласса *соли кислородных кислот* входят следующие классы: *карбонаты, сульфаты, фосфаты, силикаты*. В ряде классов минералы по химическому составу разделяются на подклассы, а внутри последних — на группы, что особенно четко выражено в силикатах. Из общего

числа минералов около 34% приходится на силикаты, около 25% — на оксиды и гидроксиды, около 20% — на сульфиды; на долю всех остальных минералов приходится около 21%.

## ОПИСАНИЕ ГЛАВНЕЙШИХ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ И РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ

### ***2. Самородные элементы***

К классу *самородных элементов* относятся платина, золото, серебро, алмаз, графит, сера, медь и др. Минералы эти состоят из одного химического элемента или смеси двух элементов, они не пользуются широким распространением (кроме графита и серы), но чрезвычайно важны в практическом отношении. К собственно породообразующим минералам можно отнести графит.

### ***3. Сульфиды***

*Сульфиды, или сернистые соединения* элементов, в основном тяжелых металлов, не являются породообразующими минералами, но представляют большой интерес как руды цветных и черных металлов.

Из сернистых минералов в земной коре наиболее широко развит **пирит**  $\text{FeS}_2$  (серный или железный колчедан). Аналогичен по составу **марказит**, отличающийся от пирита кристаллографической сингонией (см. рис. 10, ///). Из других минералов класса сульфидов наиболее часто встречаются **халькопирит**  $\text{CuFeS}_2$ , **галенит**  $\text{PbS}$ , являющийся важнейшей свинцовой рудой, и **сфалерит**  $\text{ZnS}$  — цинковая руда.

### ***4. Оксиды и гидроксиды***

Минералы класса *оксидов и гидроксидов* представляют собой соединения элементов с кислородом и гидроксогруппой ОН. Они широко развиты в земной коре.

**Кварц**  $\text{SiO}_2$  — один из самых распространенных минералов. Формально по химическому составу кварц отнесен к оксидам, однако в структурном отношении он может быть причислен к подклассу силикатов с каркасной структурой. Различают следующие важнейшие разновидности кварца (рис. 14, /): *горный хрусталь* — прозрачный, без примесей, встречающийся в виде хорошо образованных кристаллов;

*морион* — коричнево-черный прозрачный и полупрозрачный; *аметист* — фиолетовый; *халцедон* — скрытокристаллический; *агат* — полосчатый халцедон. Минерал, представляющий собой коллоидальный кремнезем  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , называется *опалом*.

Большое значение имеют оксиды и гидроксиды железа. Они являются главными минералами железных руд.

**Гематит**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в виде хорошо развитых кристаллов называется *железным блеском* (см. рис. 14, //), а в скрытокристаллической форме — *красным железняком*.

**Магнитный железняк** — магнетит  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , или  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  — оксид, наиболее богатый железом (см. рис. 14, ///).

Очень широко распространен **бурый железняк, или лимонит**,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (см. рис. 14, IV), представляющий собой смесь различных гидроксидов железа: гётита, гидрогётита и др.

К этому же классу относятся несколько разновидностей более редких минералов, из которых следует отметить корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Красная разновидность корунда называется *рубином*, синяя — *сапфиром*. Гидроксид алюминия — *гибсит*  $\text{Al}(\text{OH})_3$  входит в состав алюминиевых руд — бокситов — и иногда содержится в глинах.

## 5. Галогенные соединения

*Соли галогеноводородных кислот* образуют около 100 минералов. Их роль как породообразующих минералов невелика, но они важны и общегеологическом и практическом отношении. Наиболее распространены из минералов этого класса хлористые соединения.

**Галит (каменная соль)**  $\text{NaCl}$  часто встречается среди осадочных образований озер и морей (рис. 15, а).

К галогенным минералам относятся также **сильвин**  $\text{KCl}$  и **флюорит**  $\text{CaF}_2$  (см. рис. 15, б). Сильвин применяется как удобрение, и флюорит — в металлургии при плавке металлов, в стекольной и химической промышленности для получения плавиковой кислоты и криолита. Прозрачные разновидности флюорита используются в оптике.

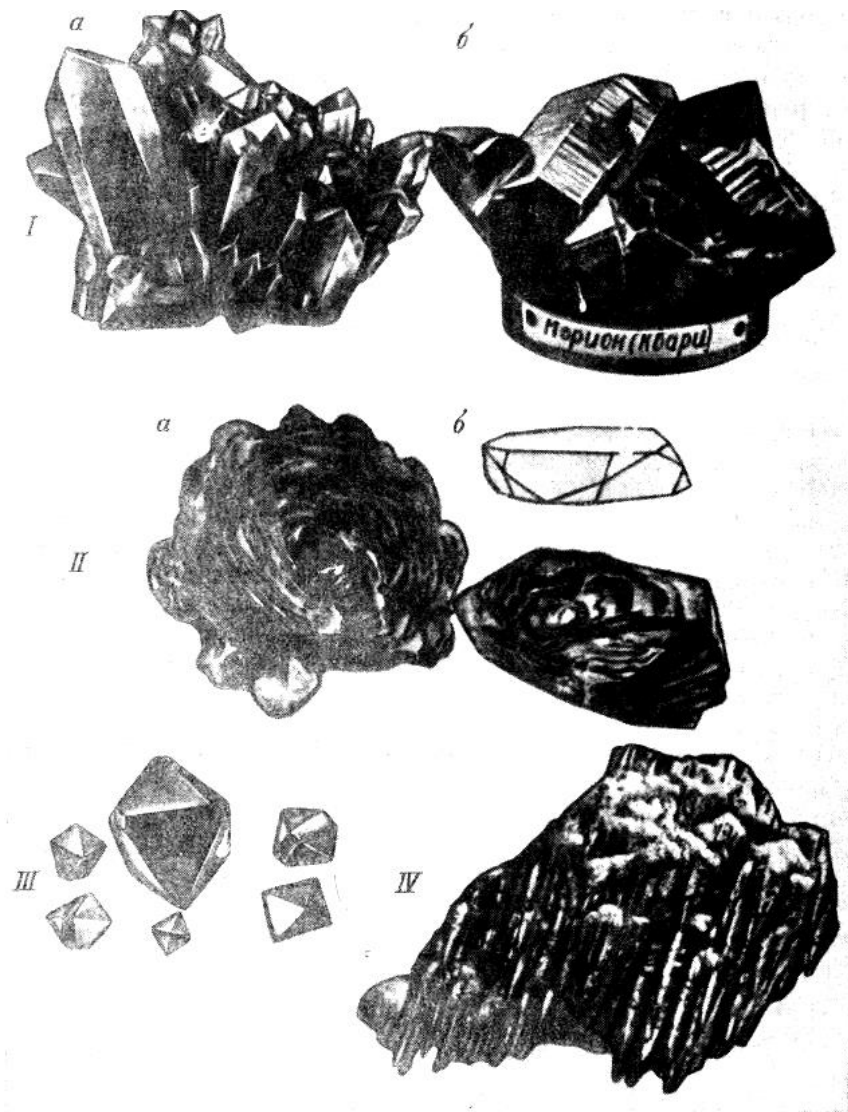


Рис. 14. Оксиды и гидроксиды:

/ - друзы кварца (а — горный хрусталь, б - морион); // — кристаллы железного блеска (а -- «железные розы», б — форма отдельного кристалла); /// — кристаллы магнетита; IV— натёки лимонита

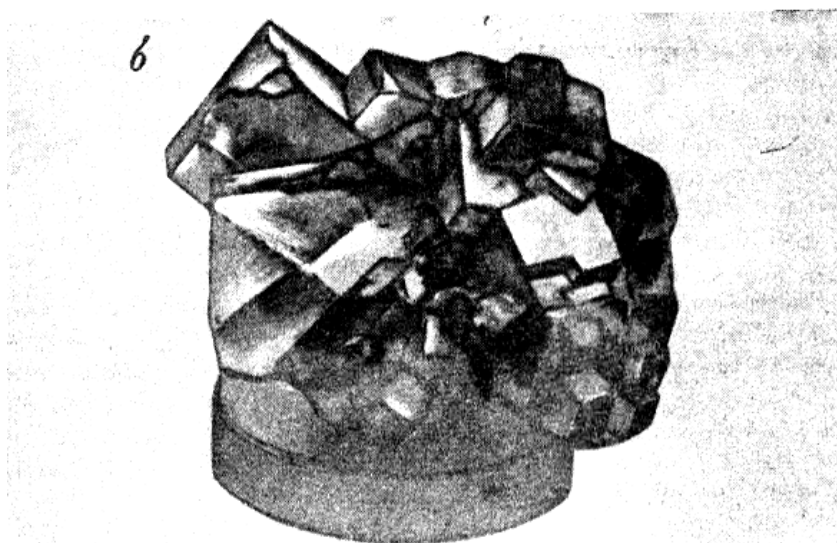
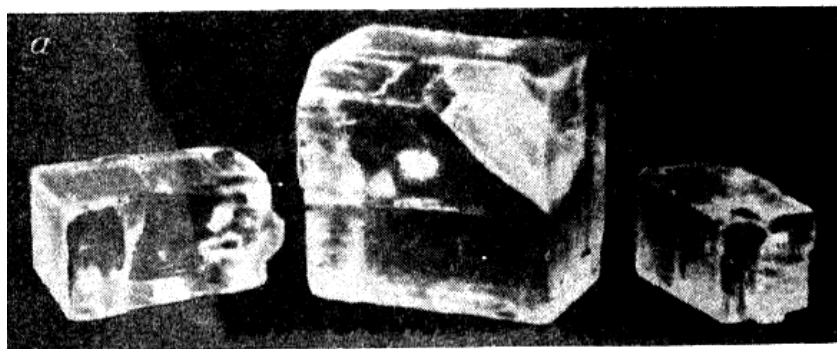


Рис. 15. Галогениды:  
а— кристаллы каменной соли (галита); б — друза кристаллов флюорита

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 (2ч)

**Тема:** Классификация минералов. Надкласс солей кислородных кислот.

**Цель:** рассмотреть надкласс солей кислородных кислот: карбонаты, сульфаты, фосфаты.

**Демонстрационная графика и раздаточный материал:**

1. Образцы минералов.
2. Рис. «Карбонаты и сульфаты».

### План

1. Карбонаты.
2. Сульфаты.
3. Фосфаты.

## НАДКЛАСС СОЛЕЙ КИСЛОРОДНЫХ КИСЛОТ

В этот надкласс входят соли угольной (карбонаты), серной (сульфаты), фосфорной (фосфаты) и кремниевых (силикаты) кислоты, выделяемые в отдельные классы.

### **1. Карбонаты**

*Карбонаты* очень широко распространены в верхних частях земной коры. К ним относятся кальцит, магнезит, доломит, сидерит другие минералы.

**Кальцит**, или известковый шпат,  $\text{CaCO}_3$  (рис. 16, а) — один из самых распространенных минералов. Его прозрачная разновидность — *исландский шпат* — встречается реже и применяется оптике.

**Магнезит**  $\text{MgCO}_3$  и доломит  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  используются в химической промышленности для производства огнеупоров и изготовления цемента.

**Сидерит** (железный шпат)  $\text{FeCO}_3$  служит рудой для получения качественной стали.

Все карбонаты вступают в реакцию со слабой (5—10%-ной) соляной кислотой, сопровождающуюся выделением углекислого газа. Степень интенсивности этой реакции позволяет отличать

сходные по внешнему виду карбонаты.

К числу гидрокарбонатов относится **малахит**  $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ , плотные массы которого слагают натечные почковидные агрегаты зеленого цвета. Землистые разновидности малахита (медная зелень) встречаются в песчаниках Урала, Украины и других районов.

## 2. Сульфаты

Из минералов этого класса широко распространен **гипс**  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  (см. рис. 16, б), реже наблюдается **ангидрит**

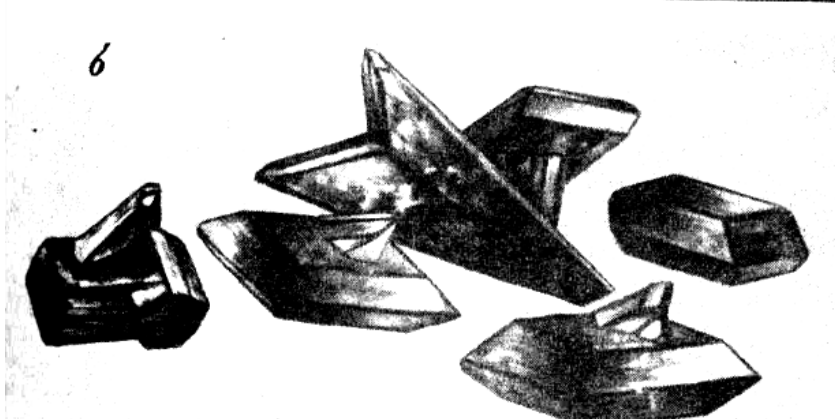
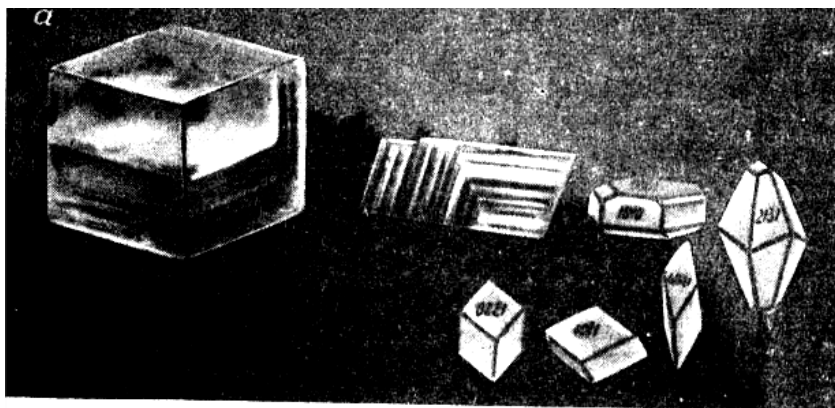


Рис. 16. Карбонаты и сульфаты:

а- кристаллы кальцита с хорошо видимыми следами роста и формы отдельных кристаллов; б- одиночные кристаллы и двойники гипса

$\text{CaSO}_4$  — безводный сульфат кальция. Искусственно обожженный гипс, а также тонкозернистые сплошные массы обыкновенного гипса называют, алебастром. Иногда встречается длинностолбчатая волокнистая разновидность светлого голубоватого гипса, называемая *селенитом*. Для сульфатов, как и для карбонатов, характерны низкая твердость, светлая окраска и небольшая плотность. Они широко используются в медицине, химической промышленности и строительстве.

### **3. Фосфаты**

*Фосфаты* представляют собой соли фосфорных кислот. В этот класс входит большое число минералов. Породообразующими из них являются **апатит** и **фосфориты**.

**Апатит**  $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl}) [\text{PO}_4]_3$  — наиболее распространенный минерал этого класса. Фосфориты — осадочные морские образования, близкие по составу к апатиту, содержащие примеси кварца, карбонитов, глауконита и глинистых частиц. Они обычно образуют радиально-лучистые и скрытокристаллические конкреции.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 (4ч)

**Тема:** Классификация минералов. Надкласс солей кислородных кислот. Силикаты.(1)

**Цель:** рассмотреть надкласс солей кислородных кислот: силикаты (островные, кольцевые, цепочечные).

**Демонстрационная графика и раздаточный материал:**

1. Образцы минералов.
2. Рис. «Типы соединения кремнекислородных тетраэдров».
3. Рис. «Силикаты»

### План

1. **Островные силикаты.**
2. **Кольцевые силикаты.**
3. **Цепочечные силикаты.**

### СИЛИКАТЫ

К классу силикатов относится наибольшее число минералов, входящих в состав земной коры. Эти минералы слагают большинство горных пород.

Установлено, что во всех силикатах каждый ион кремния  $\text{Si}^{4+}$  находится в соединении с четырьмя ионами кислорода и может быть изображен формулой  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ . Основная структурная единица силикатов — кремнекислородный тетраэдр — группировка, состоящая из четырех больших ионов кислорода (ионный радиус 0,13 нм) и одного иона кремния (ионный радиус 0,04 нм). При этом центры ионов кислорода образуют четыре вершины тетраэдра, а ион кремния занимает центр такого тетраэдра (рис. 17, /). Кремнекислородный тетраэдр обладает четырьмя свободными валентными связями, за счет которых происходит присоединение других кремнекислородных тетраэдров и ионов других химических элементов.

В основу классификации силикатов положен способ соединения тетраэдров. Кремнекислородные тетраэдры могут быть обособлены один от другого или соединяться посредством

общих кислородных ионов через вершины тетраэдров, создавая сложные комплексно-анионные радикалы. Все минералы силикатов разделяются в зависимости от способов сочленения кремнекислородных тетраэдров на следующие группы: 1) островные, 2) кольцевые, 3) цепочечные, 4) ленточные, 5) листовые и 6) каркасные. Если четырехвалентный кремний в центрах тетраэдров частично замещается трехвалентным алюминием или в некоторых случаях железом, то возникает одна свободная валентность. В этом случае радикал структуры будет  $[Al_mSi_nO_{2(m+n)}]_m$ , т. е. образуются алюмосиликаты.

### **1. Островные силикаты**

В структуре силикатов этой группы кремнекислородные тетраэдры не имеют общих вершин, т. е. общих ионов кислорода, и удерживаются в решетке ионами других элементов (см. рис.17, /). Благодаря плотной упаковке ионов эти силикаты обладают большой твердостью и довольно высокой плотностью. К островным силикатам из широко распространенных породобразующих минералов относятся оливин и гранат.

**Оливин** (Fe, Mg)  $[SiO_4]$  — железомagneзиальный, бедный кремнекислотой силикат; он характерен для ультраосновных или основных изверженных пород.

**Гранаты** встречаются преимущественно в метаморфических и метаморфизованных породах, реже в изверженных породах. Известно несколько разновидностей гранатов, из которых самым распространенным является *альмандин*  $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$  темно-красного или буроватого цвета (рис. 18, /); реже встречается розовато-красный *пироп*  $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$  и наиболее редко — зеленый *гроссуляр*  $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$

### **2. Кольцевые силикаты**

Силикаты, структура которых образована кольцами из трех, четырех или шести кремнекислородных тетраэдров, называются кольцевыми (см. рис. 17, ///).

Представителем силикатов с кольцом из шести тетраэдров —  $[Si_6O_{18}]$  является **берилл**  $Be_2Al_3[Si_6O_{18}]$  — полупрозрачный и прозрачный зеленый минерал, образующий шестигранные призматические кристаллы. Из него добывается металл бериллий.

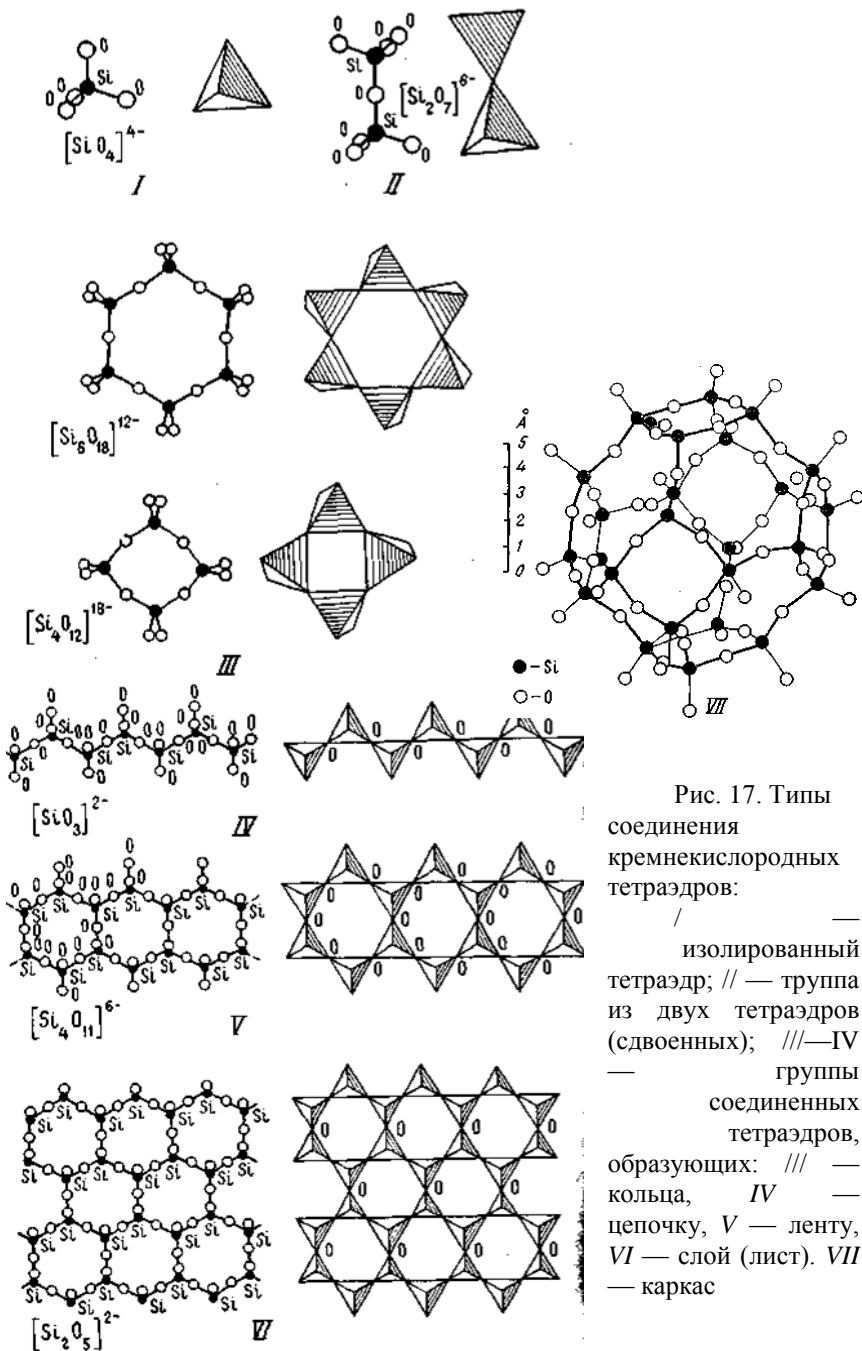


Рис. 17. Типы соединения кремнекислородных тетраэдров:

— изолированный тетраэдр; // — группа из двух тетраэдров (сдвоенных); /// — IV группы соединенных тетраэдров, образующих: /// — кольца, IV — цепочку, V — ленту, VI — слой (лист). VII — каркас

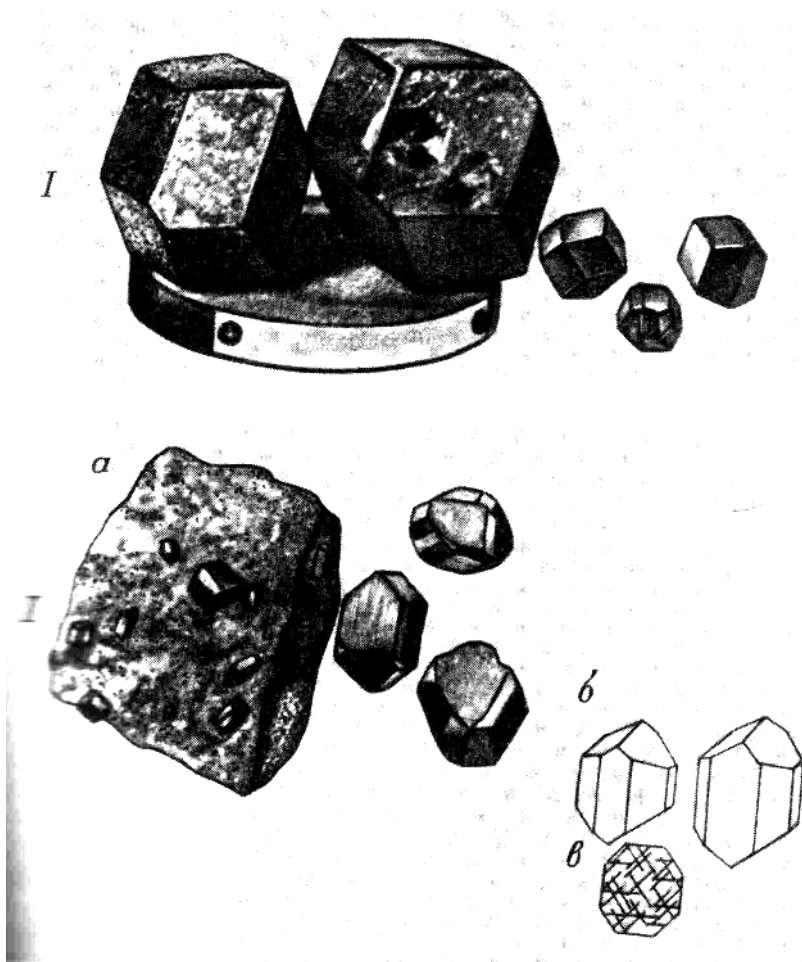


Рис. 18. Силикаты: /-островной— альмандин, //—цепочечный—авгит (а — отдельные, и включенные в породу кристаллы в натуральном виде, б—характерная форма кристаллов, в — схема расположения трещин спайности)

К этой же группе относится **турмалин** — сложный бороалюмосиликат, встречающийся главным образом в гранитных породах и пегматитовых телах, а также в сланцах на границе с магматическими породами. Для турмалина

характерны удлиненные призматические кристаллы, имеющие треугольное сечение. Турмалины бывают зеленого, розового, бурого и черного цвета. Красиво окрашенные прозрачные разновидности турмалина используются как драгоценные камни; некоторые разновидности применяются в радиотехнике.

### **3. Цепочечные силикаты**

В структуре силикатов этой группы кремнекислородные тетраэдры соединены в неправильные цепочки с радикалом  $[\text{SiO}_3]^{2-}$  (см. рис. 17, IV). Цепочечные силикаты состоят из одинарных цепочек тетраэдров. В группу этих силикатов входят железомagneзиальные силикаты **семейства пироксенов**, среди которых различают *моноклинные* и *ромбические*.

Представителем моноклинных пироксенов является авгит  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{SiAl})_2\text{O}_6]$  — минерал сложного и непостоянного химического состава. Если в составе минерала присутствуют  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , то минерал называется *эгирином-авгитом*. В структуре авгита алюминий находится в центре кислородных тетраэдров, занимая место кремния. Для этого минерала характерны кристаллы зеленовато-черного цвета с восьмиугольным сечением и блестящими гранями (см. рис. 18, //). Среди ромбических пироксенов выделяются **энстатит**  $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$  и **гиперстен**  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ .

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9 (4ч)

**Тема:** Классификация минералов. Надкласс солей кислородных кислот. Силикаты(2).  
Углеродистые соединения

**Цель:** рассмотреть надкласс солей кислородных кислот: силикаты (ленточные, листовые (слоевые), каркасные).

**Демонстрационная графика и раздаточный материал:**

1. Образцы минералов.
2. Рис. «Типы соединения кремнекислородных тетраэдров».
3. Рис. «Силикаты»
4. Рис. «Листовые силикаты»
5. Рис. «Каркасные силикаты»

### План

1. Ленточные силикаты.
2. Листовые (слоевые) силикаты.
3. Каркасные силикаты.
4. Углеродистые соединения.

#### *1. Ленточные силикаты*

Наиболее распространенными представителями этих силикатов (см. рис. 17, V) являются **амфиболы**, которые входят в состав магматических и метаморфических горных пород. Строение амфиболов гораздо сложнее, чем пироксенов, но между этими группами имеется много общего: цвет и облик кристаллов, твердость, плотность и т. д. Микроскопически отличить амфиболы от пироксенов бывает иногда довольно трудно, особенно когда минерал встречается в виде мелких кристаллов. Однако все же существуют различия в характере блеска, форме кристаллов и спайности. В отличие от пироксенов у большинства амфиболов шелковистый блеск вытянутые столбчатые, часто игольчатые кристаллы шестиугольного сечения, более совершенная спайность, плоскости которой

пересекаются под углом  $124^\circ$  ( $56^\circ$ ), тогда как у пироксенов этот угол близок к прямому ( $87^\circ$ ). Амфиболы — типичные метасиликаты. Их общая формула —  $R_7(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ , где  $R = \text{Ca}, \text{MgFe}^{2+}$ . Как и пироксены, они кристаллизуются в ромбической моноклинной сингониях.

Наиболее широко развиты моноклинные амфиболы, главным образом **роговая обманка**. Состав ее весьма разнообразен и непостоянен: он может быть выражен формулой  $(\text{Ca}, \text{Na})_2 (\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4, X (\text{Al}, \text{Fe}^{3+}) [(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2 (\text{F}, \text{OH})_2$ . Роговая обманка имеет светло-темно-зеленый и буровато-черный цвет. От авгита она отличается волокнистостью и шелковистым блеском вытянутых столбчатых кристаллов.

Кроме обыкновенной роговой обманки для некоторых горных пород метаморфического происхождения характерен лучистый амфибол светло-зеленого цвета — **актинолит**, для которого типична игольчатая форма кристаллов.

## **2. Листовые (слоевые) силикаты**

Если ленты тетраэдров соединяются в один непрерывный слой, то образуется структура листовых силикатов (см. рис. 17, VI). Внутренняя структура минералов этого подкласса определяет их весьма совершенную спайность в одном направлении и небольшую твердость. В составе этих силикатов кроме Si и O присутствуют Mg, Al, K, Na и Ca — элементы, связующие слои, а также гидроксогруппа OH. По химическим признакам все они относились ранее к водным силикатам. Среди листовых силикатов можно выделить силикаты и алюмосиликаты.

К листовым силикатам относятся **тальк, серпентин и каолинит**, а к листовым алюмосиликатам — **слюды, хлориты и гидрослюды**, из которых наиболее характерным является **глауконит**, образующийся в морских условиях. Листовые силикаты и алюмосиликаты являются весьма распространенными минералами изверженных и метаморфических горных пород (за исключением глауконита).

**Тальк**  $\text{Mg}_3(\text{OH})_2 [\text{Si}_4\text{O}_{10}]$  — магнезиальный листовый силикат. Плотная разновидность талька называется жировиком, а горная порода, состоящая из талька, — горшечным камнем, или

талькитом. Образуется этот минерал в верхних частях земной коры в результате действия воды и углекислоты на ультраосновные и основные породы, богатые магнием,— перидотиты, пироксениты, амфиболиты и др. Например, из оливиновой породы он образуется по схеме  $4(\text{Mg, Fe})_2[\text{SiO}_4] + \text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2 - \text{Mg}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] + 3\text{MgCO}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ .

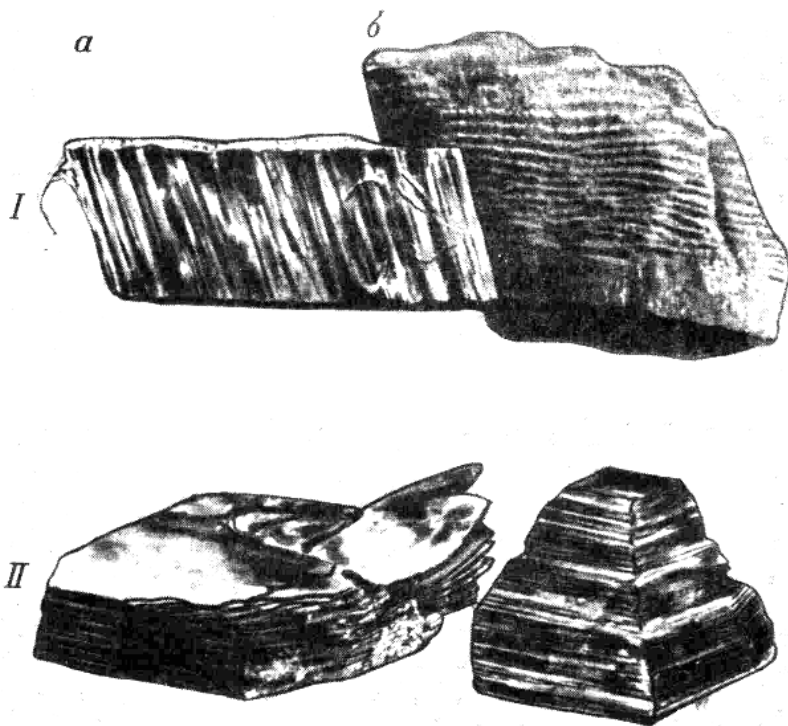


Рис. 19. Листовые силикаты:

/ - асбест (*a* - волокнистая разновидь, *b* — прожилки в породе); // — биотит

Тальк широко применяется в бумажной, резиновой, парфюмерной, фармацевтической, кожевенной и фарфоровой промышленности, а также для изготовления огнеупорной посуды и кирпича.

**Серпентин**  $\text{Mg}_6(\text{OH})_8 [\text{Si}_4\text{O}_{10}]$  отличается от талька только большим содержанием магния и меньшим — кремнезема. Горная



порода, состоящая из серпентина, часто называется серпентинитом, или змеевиком — по зеленой пятнистой окраске («серпенс» — змея). Широко известна волокнистая разновидность серпентина — *асбест* (рис. 19, /). Серпентинит возникает в результате метаморфического изменения магматических оливиновых и реже пироксеновых магнийсодержащих пород. Асбест используется для изготовления огнеупорных тканей, прокладок и многих других изделий.

**Каолинит**  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$  формируется при химическом выветривании алюмосиликатов магматических пород на поверхности, земли. Он входит в состав многих глин. Схема образования каолинита в результате выветривания полевых шпатов следующая:  $4K[AlSi_3O_8] + 4H_2O + 2CO_2 \rightarrow K_2CO_3 + 8SiO_2 + 4Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$ . Землистые рыхлые массы каолинита называются каолином. Употребляется этот минерал в строительном деле, керамическом производстве, бумажной промышленности и как огнеупорный материал.

**Слюды** — листовые алюмосиликаты, имеющие важное породообразующее значение. Они входят в состав многих магматических и метаморфических горных пород. Общее количество слюд в породах земной коры — около 4%. Минералы этого ряда кристаллизуются в моноклинной сингонии, обладают весьма совершенной спайностью в одном направлении, благодаря которой они расщепляются на тончайшие упругие листочки. Породообразующее значение имеют мусковит и биотит (см. рис. 19, //).

**Мусковит**  $KA1_2(OH,F)[AlSi_3O_{10}]$  — бесцветная или слабо окрашенная желтоватая, зеленоватая прозрачная калиевая слюда. Мелкочешуйчатая разновидность мусковита называется *серпичитом*. Мусковит применяется как прекрасный изоляционный материал а его порошок (скрап) служит для изготовления огнестойких строительных материалов, бумаги, красок, автомобильных шин и т. д.

**Биотит**  $K(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al)_3(OH, F)_2[AlSi_3O_{10}]$  — магнезиально-железистая слюда зеленовато- или коричневаточерно цвета. Биотит широко распространен во многих магматических и метаморфических горных породах.

Бурая магнезиальная слюда, похожая на биотит, но не ломкая называется **флогопитом**. Она широко используется в электротехнике.

**Хлориты** — водные алюмосиликаты магния и железа. Название этим минералам дано по своеобразному зеленому цвету («хлорос» — зеленый). Известен целый ряд химических разновидностей хлоритов, мало отличимых друг от друга по внешнему виду. Минералы данной группы представляют собой изоморфный ряд соединений состава  $Mg_5(OH)_8[Si_4O_{10}]$  и  $Mg_4Al_2(OH)_8[Al_2Si_2O_{10}]$ , в которых  $Mg^{2+}$  и  $Al^{3+}$  могут замещаться соответственно  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ . Хлориты развиты в основном в метаморфических породах, и которых они формируются за счет магнезиально-железистых силикатов. Некоторые из хлоритов содержат до 38% железа и используются как железные руды (*шамозит*).

**Глауконит**  $K(Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg)_{2-3}(OH)_2[AlSi_3O_{10}] \cdot nH_2O$  относится к группе гидрослюд. По данным рентгеноструктурных исследований, он является смесью нескольких минералов. Глауконит образуется в неглубоких морских бассейнах и широко распространен в песках, глинах, опоках, известняках и других осадочных породах, где встречается в виде скрытокристаллических зернышек округлой формы. Используется как калийное удобрение в сельском хозяйстве и для смягчения жесткости воды.

### **3. Каркасные силикаты**

От всех остальных силикатов минералы этой группы отличаются тем, что в их решетке кремнеалюмокислородные тетраэдры соединены друг с другом всеми четырьмя вершинами, в результате чего образуется каркас (см. рис. 17, VII). В каркасных силикатах ионы алюминия занимают место некоторых ионов кремния, и в соответствии с этим тетраэдры делятся на алюмо- и кремнекислородные. В химическом отношении каркасные силикаты представляют собой алюмосиликаты калия, натрия и кальция. Для них характерны постоянная довольно высокая твердость (5—6), светлая окраска и плотность 2500—2750 кг/м<sup>3</sup>. Каркасные силикаты делятся на две группы минералов: **полевые шпаты** и **фельдшпатоиды**.

По химическому составу среди полевых шпатов выделяются *калиево-натриевые* (щелочные) и *известково- (кальциево)-натриевые*, или плагиоклазы.

Из **щелочных полевых шпатов** важное значение имеет **ортоклаз**  $K[AlSi_3O_8]$  (рис. 20, /) — минерал с желтовато-розовой и мясо-красной окраской, кристаллизующийся в моноклинной сингонии образующий прямоугольные сколы по спайности в двух направлениях. С этим свойством связано и название минерала — от «ортоклаз» — прямоколющийся. К этой же группе относится **микроклин**, аналогичный ортоклазу по химическому составу, кристаллизующийся в триклинной сингонии. Разновидность микроклина зеленого цвета называется *амазонитом*.

**Плагиоклазы** по химическому составу представляют собой непрерывный ряд изоморфных смесей двух составных частей: **альбитовой**  $Ab—Na[AlSi_3O_8]$  и **анортитовой**  $An—Ca[Al_2Si_2O_8]$ . В при роде существуют все члены этого изоморфного ряда, от чистоте альбита (см. рис. 20, //) до анортита. Плагиоклазы разного состава носят различные названия: **олигоклаз**, **андезин**, **лабрадор** и **битовнит**, в них соответственно уменьшается содержание (в % натриевой составляющей  $Ab$  и увеличивается кальциевой  $An$ ).

Все плагиоклазы кристаллизуются в триклинной сингонии. Анортит значительно беднее альбита кремнекислотой. Поэтому все плагиоклазы делятся на **кислые** (альбит, олигоклаз), **средние** (андезин) и **основные** (лабрадор, битовнит, анортит). По внешнему виду все разновидности плагиоклазов очень сходны друг другом, за исключением лабрадора, для которого характерна иризация (синие и зеленые переливы на плоскостях спайности). От калиевых полевых шпатов плагиоклазы отличаются белой, голубоватой или зеленовато-серой окраской, тонкой параллельной двойниковой полисинтетической штриховкой на плоскостях спайности; последние образуют угол  $87^\circ$  (отсюда и название: греч. «плагиоклаз» — косоколющийся).

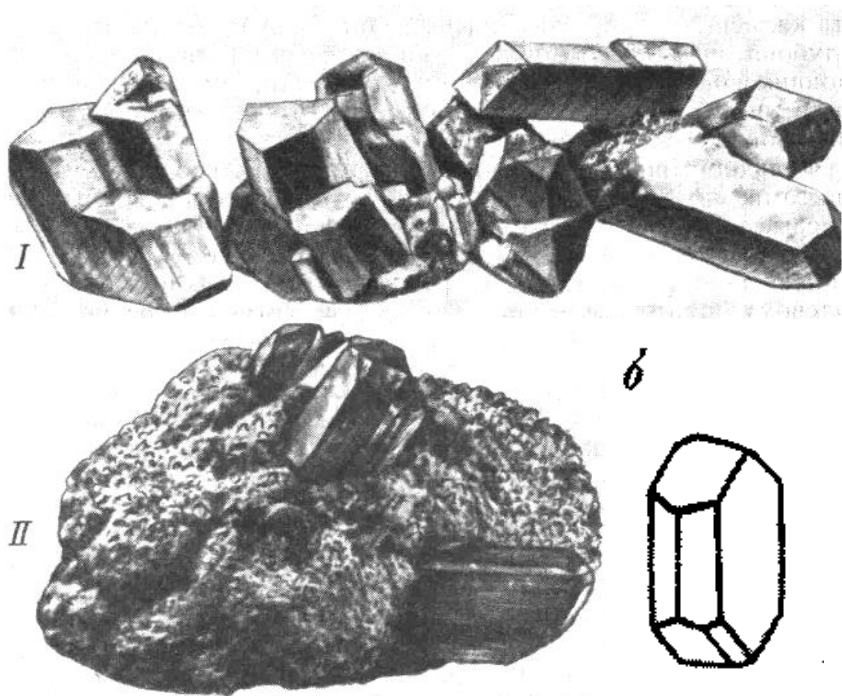


Рис. 20. Каркасные силикаты:  
 / — кристаллы ортоклаза; // — друза альбита с кристаллами кварца  
 (а) и характерная форма кристаллов альбита (б)

**Фельдшпатоиды** по химическому составу сходны с полевыми шпатами, но беднее их кремнекислотой. Они как бы замещают полевые шпаты в некоторых магматических породах, бедных кремнекислотой, но богатых щелочами, и поэтому играют существенную роль в составе щелочных пород. Альбиту (натриевому полевому шпату) соответствует фельдшпатоид нефелин  $(\text{Na}, \text{K}) [\text{AlSiO}_4]$ , по характерному жирному блеску называемый также **элеолитом** («масляным камнем»). Он входит в состав бескварцевых щелочных магматических пород — нефелиновых сиенитов — и применяется в стекольной, керамической и химической промышленности, а также используется для производства алюминия. Калиевым полевым шпатам (ортоклазу и микроклину) соответствует **лейцит**

$K[AlSi_2O_6]$  — породообразующий минерал излившихся пород, который может употребляться для производства калия и алюминия.

#### **4. Углеродистые соединения**

Углеродистые соединения существенно отличаются от многих минералов по происхождению, химическим свойствам и кристаллическому строению. К минералам, состоящим из углеводов с некоторым количеством кислорода, можно отнести асфальт, озокерит и янтарь.

**Асфальт** — продукт окисления углеводов нефти. В его составе основную роль играют углерод (80%), кислород (10%) и водород (10%). Это коричнево-черная мягкая масса, которая горит и легко плавится. Применяется асфальт для дорожных покрытий, в химической промышленности.

**Озокерит (горный воск)** состоит на 84% из углерода и на 16% из водорода. По внешнему виду и физическим свойствам озокерит очень сходен с воском. Он образуется при охлаждении парафиновой нефти путем кристаллизации высокомолекулярных углеводов. Озокерит используется для получения искусственного воска — церезина, употребляется для пропитывания тканей и других технических и медицинских целей.

**Янтарь**  $C_{10}H_{16}O$  представляет собой ископаемую древесную смолу. Это легкий аморфный минерал буровато-желтого цвета, прозрачный и полупрозрачный, с раковистым изломом и небольшой твердостью (2—2,5). Он применяется в электротехнике как изолятор, в ювелирном деле и химической промышленности.

#### **Контрольные вопросы по теме: «Классификация минералов»**

1. Назовите важнейшие классы минералов.
2. Какие классы входят в надкласс соли кислородных кислот?
3. Какие минералы относятся к классу самородных элементов?
4. Назовите наиболее широко развитые минералы класса сульфатов.
5. Назовите минералы класса оксидов и гидроксидов?

6. Какие минералы относятся к галогенам?
7. Какие минералы относятся к карбонатам?
8. Назовите наиболее распространённые минералы класса сульфаты.
9. Какие минералы входят в состав класса фосфаты?
10. На какие группы разделяются минералы силикатов?
11. Назовите минералы островных силикатов?
12. Назовите минералы кольцевых силикатов?
13. Назовите минералы цепочечных силикатов?
14. Назовите наиболее распространённых представителей силикатов?
15. Назовите минералы листовых (слоевых) силикатов?
16. На какие группы делятся каркасные силикаты?
17. Назовите минералы полевых шпатов.
18. Какие минералы являются фельдшпатоидами?
19. Какие минералы состоят из углеродистых соединений?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10 (4ч)

**Тема:** Определение породообразующих минералов.

**Цель:** рассмотреть методику пользования определителем породообразующих минералов.

**Демонстрационная графика и раздаточный материал:**

1. Образцы минералов без этикеток: пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, кальцит, флюорит.
2. Определители минералов.
3. Бисквиты, шкала твердости, компас, раствор 10%-ной HCl.

### План

1. Методика пользования определителем.
2. Определитель породообразующих минералов.

#### *1. Методика пользования определителем.*

В учебной литературе по минералогии существует довольно большое количество полных руководств по макроскопической диагностике минералов. Но эти руководства составлены для студентов, прослушавших специальный курс минералогии. В данном же пособии предлагается упрощенный определитель, составленный Павлиновым В.Н., Михайловым А.В., Кизельватером Д.С. и др. (1988), включающий лишь главнейшие породообразующие минералы и их диагностические признаки.

Определение минералов удобнее всего начинать с твердости — постоянной величины для большинства минералов, не зависящей от размеров образца или крупности зерен минерала в породе. Все минералы разделены по твердости на семь групп, а в первых шести группах по блеску — на небольшие подгруппы, где каждый минерал имеет собственный номер, против которого указаны наиболее характерные признаки, отличающие его от других.

Ход определения минерала примерно следующий: прежде всего устанавливается его твердость, которая, предположим,

оказывается равной 3. Следовательно, минерал относится ко второй группе по твердости, т. е. к группе минералов с твердостью 2—3. Затем определяется блеск минерала. Для этого необходимо найти свежую поверхность скола. Допустим, что блеск минерала стеклянный. Обращаемся к подгруппе 2 (минералы со стеклянным или перламутровым блеском). В этой подгруппе имеется пять номеров: 34, 32, 31, 13, 15, каждому из которых присуще то или иное свойство. Например, для № 34 характерны зеленый цвет, мелкие зерна и зеленая черта; для № 32 — черный цвет и способность расщепляться на тонкие листочки, для № 31 — светлый цвет и способность расщепляться на тонкие листочки, для № 13 — соленость, а для № 15 — вскипание в результате реакции с соляной кислотой. Оказывается, что определяемый минерал не соленый и не расщепляется на листочки, но от действия слабой соляной кислоты на свежую поверхность бурно вскипает. Минерал с подобными свойствами имеет номер 15. Далее следует перейти к табл. 2, где главные породообразующие минералы распределены по минералогическим классам, и под этим номером находим минерал кальцит. Установив все остальные свойства (характеристики) минерала по схеме, приведенной ниже, окончательно убеждаемся в правильности нашего определения. В характеристику минералов входят: название, химический состав, твердость, цвет, цвет черты, спайность и излом, форма кристаллов, плотность, формы нахождения в природе и специфические диагностические свойства.

### *Схема определения минералов*

№ в табл.2.	
<b>I. Минералы с твердостью до 2 включительно</b>	
1. С <i>металловидным</i> блеском, пачкает руки, не гибок .....	1
2. Со <i>стеклянным</i> или <i>шелковистым</i> блеском: спайность весьма совершенная, бесцветный, листочки по спайности гибкие, зеленый слюдоподобный, листочки по спайности гибки .....	19
3. С <i>жирным</i> блеском, мыльный на ощупь .....	28
4. <i>Матовый</i> , белый, землистый, при намокании в воде пластичен ...	30
<b>II. Минералы с твердостью свыше 2 до 3 включительно</b>	



I С жирным блеском на раковистом изломе, желтый .....	2
2. Со стеклянным или перламутровым блеском:	
зеленый, мелкие зерна, черта зеленая .....	34
черный, расщепляется на тонкие листочки .....	32
светлый, расщепляется на тонкие листочки .....	39
соленый на вкус .....	13
вскипает под действием соляной кислоты .....	15
<b>III. Минералы с твердостью свыше 3 до 4 включительно</b>	
I С металлическим блеском, золотистый, черта зеленовато-черная...	5
2. Со стеклянным, шелковистым или перламутровым блеском:	
зеленый, пятнистый, волокнистый .....	29
белый, вскипает в подогретой соляной кислоте .....	16
фиолетовый, зеленый, голубой, прозрачный, кубические кристаллы .....	14
белый, голубой, с совершенной спайностью, зернистый .....	20
вскипает в порошке под действием соляной кислоты .....	17
желтовато-бурый, вскипает в подогретой соляной кислоте .....	18
<b>IV Минералы с твердостью свыше 4 до 5 включительно</b>	
1. С жирным или стеклянным блеском, желтый и зеленоватый, прозрачный.....	4
2. С матовым или слабым жирным блеском, бурый, непрозрачный, зернистый.....	22
<b>V. Минералы с твердостью свыше 5 до 6 включительно</b>	
1. С металлическим или матовым блеском:	
черта черная .....	9
черта желто-бурая.....	12
черта вишнево-бурая.....	8
2. С жирным или шелковистым блеском:	
блеск тусклый, просвечивает .....	11
блеск жирный .....	40
черта зеленоватая или бурая, спайность совершенная .....	27
3. Со стеклянным блеском:	
темно-зеленый, черный, черта серо-зеленая .....	26
серый, иризирует в сине-голубых и зеленых тонах .....	39
членовато-серый, желтовато-зеленый, черта светлая .....	36
желтоватый, розовый, мясо-красный, прямоугольные обломки по спайности .....	35
белый, косоугольные обломки по спайности .....	37
серый, темно-серый, желтоватый, косоугольные обломки по спайности .....	38

<b>VI. Минералы с твердостью свыше 6 до 7 включительно</b>	
<i>I С металлическим блеском:</i>	
кубические золотистые кристаллы, черта темно-серо-зеленоватая, почти чёрная .....	3
лучистые сростки тускло золотистого цвета .....	4
<i>2. С жирным или стеклянным блеском:</i>	
скрытокристаллический, в виде желваков и натечных форм, слабо просвечивает .....	7
тайность отсутствует, блеск жирный на изломе, стеклянный на гранях, излом раковистый.....	6
бутылочно-зеленый, мелкие зерна в породе .....	23
<b>VII. Минералы с твердостью свыше 7</b>	
<i>1. Твердость 7—7,5:</i>	
красный, многогранники.....	24
зеленый, розовый, черный, столбчатые трехгранные, призматические кристаллы с продольной штриховкой .....	25
<i>2. Твердость 9</i> , кристаллы боченковидные, штриховка на плоскостях кристалла.....	10

## Характеристика породообразующих минералов

(Павлинов В.Н., Михайлов А.В., Кизельватер Д.С. и др., 1988)

п	Класс	Минерал	Химический	Твердость	Блеск	Цвет	Цвет черты
1	Самородные элементы	Графит	C	1	Полуметаллический, жирный	Стально-серый до черного	Серовато-черная, блестящая
2	То же	Сера	S	1,5	Жирный	Жёлтый, зеленоватый бурый	Слабая светло-жёлтая
3	Сульфиды	Пирит (серный колчедан)	FeS <sub>2</sub>	6—6,5	Сильный металлический	Соломенно-жёлтый, золотистый	Зеленовато-черная
4		Марказит	FeS <sub>2</sub>	6—6,5	Металлический, тусклый	Бледный зеленовато-жёлтый	Зеленовато-серая
5		Халькопирит (медный колчедан)	CuFeS <sub>2</sub>	3,5—4	Сильный металлический, иногда с радужной побежалостью	Латунно-жёлтый, зеленовато-золотистый	Зеленовато-черная
6	Оксиды и гидроксиды	Кварц (прозрачный-горный хрусталь, фиолетовый-аметист, дымчатая разновидность — дымчатый кварц, чёрный- морион)	SiO <sub>2</sub>	7	Стекланный на гранях кристалла, жирный на изломе	Белый (молочный), дымчатый, розовый, бесцветный черный и др.	Не дает черты
	То же	Халцедон	SiO <sub>2</sub>	6,5	Мутно-жирный, матовый	Светло-серый, голубоватый	То же

Излом; спайность	Характерная форма	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Практическое значение	Диагностические признаки	Происхождение
Мелкозернистый; весьма совершенная в одном направлении	Гексагональные пластинки и листочки	2200	Изготовление карандашей, плавильных тиглей, электроприборов и др.	Жирный на ощупь, пачкает руки, пишет на бумаге	Обр. в изверженных гор. породах, при восстановительных процессах в условиях выс. темп. Может являться продуктом метаморфизма камен. углей
Раковистый; несовершенная	Усеченные тетраэдрические, тетрагональные кристаллы	2000	Использование в резиновой, химической, текстильной (отбеливание тканей) промыш., медицине, электротехнике	Мягкий; желтый и зеленовато-бурый цвет; просвечивает; при трении электризуется; горючий	Образуется при распаде сернокислых соединений в присутствии органич. веществ. Выдел. в кратерах вулканов из возгоняющихся паров и сероводорода. Может формир. при разложении <del>сульфидов</del>
Неровный, раковистый; несовершенная	Кубические кристаллы	4900—5200	Производство серной кислоты	От халькопирита отличается соломенно-желтым цветом, высокой твердостью и формой кристаллов	Образуется в контактово-метаморфических породах, при разложении остатков животных и растений в осадочных породах, при гидротермальных процессах
Неровный	Радиально-лучистые сростки, таблитчатые или копьевидные кристаллы и гребенчатые	4500—4900	То же	Зеленоватый оттенок на свежем изломе, иная, несвойственная пириту форма кристаллов	Образуется из поверхностных кислых и низкотемпературных гидротермальных растворов. Распространен среди осадочных горных пород
Неровный; весьма несовершенная	Тетраэдры (отдельные кристаллы редки)	4100—4300	Богатая медная руда	Синяя или розовато-фиолетовая побежалость; от пирита отличается твердостью и	Выделяется при пневматолитовых и гидротермальных процессах, реже образуется из поверхностных вод при
Раковистый; спайности нет	Удлиненные призматические кристаллы с пирамидальными окончаниями; грани призмы имеют поперечную	2600	Исп-ние прозрачных разностей в оптическом производстве, радиотехнике, ювелирном деле, массивных — в металлургической, фарфоровой и	Характерная форма кристаллов и твердость, отсутствие спайности, раковистый излом и жирный блеск	Образуется при магматических и гидротермальных процессах; встречается в пустотах пегматитов. В ходе экзогенных процессов формируется при дегидратации и раскристаллизации гелей
То же	Кристаллов не образует	2600	Использование полосчатых разностей (агаты) в ювелирном деле, массивных — в точной механике и часовом производстве	От похожих опала и скрытокристаллического флюорита отличается твердостью	Образуется при раскристаллизации гелей кремнезема.

№ п/п	Класс	Минерал	Химический состав	Твердость	Блеск	Цвет	Цвет черты
8	Оксиды и гидроксиды	Гематит (скрытокристаллический — бурый железняк; явнокристаллический — железный блеск)	$Fe_2O_3$	5,5	Металлический у кристаллических разностей, металловидный с синеватым отливом и матовый у	От красно-бурого до железно-черного	Вишневая до красная, бурая
9	То же	Магнетит (магнитный железняк)	$Fe_3O_4$ или $Fe_2O_3 \cdot FeO$	5,5	Металлический	Железо-черный	Черная
10	»	Корунд (красная разновидность — рубин, синяя — сапфир, мелкозернистая темная — наждак)	$Al_2O_3$	9	Стекланный	Голубоватый, синий, серый, бурый	Не дает черты
11	»	Опал	$SiO_2 \cdot nH_2O$	5,5-6,5	Жирный тусклый, иногда слабый стекланный	Зелёный, желтый, серый, синий, бурый, просвечивает, полупрозрачный	То же
12	»	Лимонит (бурый железняк)	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ (смесь разных гидроксидов железа — гётита, гидрогётита)	1—5 (в зависимости от физического состояния)	Матовый, полуметаллический	Ржаво-желтый, бурый, темно-бурый	Желтоватая до-бурая, ржаво-желтая
13	Галогенные соединения	Галит (каменная соль, поваренная соль)	$NaCl$	2,5	Стекланный, жирный	Белый, бесцветный, синеватый, розовый, серый	Полая
14	То же	Флюорит (плавиковый шпат)	$CaF_2$	4	Стекланный	Фиолетовый, желтый, зеленый, бесцветный	»

Излом; спайность	Характерная форма	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Практическое значение	Диагностические признаки	Происхождение
Раковистый или землистый; спайности нет	Чешуйки, таблички и розетки	4900—5300	Высококачественная железная руда	Вишнево-красная и бурая черта	Образуется в метам. породах как продукт дегидратации гидроксидов железа, реже — при гидротермальных процессах и в результате окисления магнитного железняка (марита)
Зернистый; несовершенная	Октаэдрические кристаллы, иногда со штриховкой на гранях, сплошные массы	4900—5200	То же	Сильные магнитные св-ва (действует на стрелку компаса)	Породообразующий минерал основных магматических пород. Образуется также при контактово-метаморфических и реже гидротермальных процессах
Неровный, отдельность по ромбозду; несовершенная	Боченкообразные и пластинчатые кристаллы, сплошные массы	3900—4000	Исполь. для шлифовки металлов, в качестве точильного камня (наждак). Прозрачные разновидности - рубин и сапфир	Высокая твердость	Встречается главным образом в метаморфических породах, пегматитовых жилах, основных и щелочных магматических горных породах
Раковистый; спайности нет	Кристаллов не образует	2200—2300	Благородный опал — поделочный камень	От халцедона отличается меньшей твердостью и жирным блеском	Образуется из водных растворов кремнезема в приповерхностных условиях
Землистый	То же	3600—4000	Распространенная железная руда	Ржаво-желтая черта	Образуется в коре выветривания из других соединений железа, отлагается на дне водоемов из растворов различных солей железа при посредстве бактерий
(Весьма совершенная в трех направлениях по граням куба	Кубические кристаллы	2100	Использование в пищевой, химической, металлургической и кожевенной промышленности	Соленый вкус, весьма совершенная спайность по кубу	Лагунно-морской химический осадок
Совершенная	Кубические, реже октаэдрические кристаллы	3000—3200	Получение плавиковой кислоты, использование в металлургии в качестве плавня, прозрачных разновидностей—в оптике.	Форма кристаллов, слабый блеск, турмалином, топазом и другими минералами	Образуется при гидротермальных процессах, реже в пневматолитовых жилах совместно с бериллом, турмалином, топазом и другими минералами

№ п/п	Класс	Минерал	Химический состав	Твердость	Блеск	Цвет	Цвет черты
15	Карбонаты	Кальцит (прозрачная разновидность — исландский шпат)	$\text{CaCO}_3$	3	Стекланный	Белый, серый, желтый, голубой, прозрачный или просвечивающий	Белая
16	»	Магнезит	$\text{MgCO}_3$	3,5-4,5	Стекланный, шелковистый, матовый	Зелёный, серый, желтоватый	»
17	»	Доломит (горький шпат)	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	3,5—4	Стекланный, иногда перламутровый	Белый, желтый, серый	»
18	»	Сидерит (железный шпат)	$\text{FeCO}_3$	3,5	Стекланный, часто перламутровый	Серый, горохово-желтый бурый	Белая, или желтоватая
19	Сульфаты	Гипс (легкий шпат; мелкозернистый белый и розовый — алебастр, волокнистый - селенит)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2	Стекланный с перламутровым отливом, шелковистый у волокнистых разновидностей	Бесцветный (прозрачный), белый, розовый, желтый, серый	Белая
20	»	Ангидрит (безводный гипс)	$\text{CaSO}_4$	3—3,5	Стекланный, иногда с перламутровым отливом	Белый, сероватый, голубой, розовый	»
21	Фосфаты	Апатит (фтор-apatит и хлор-apatит)	$\text{Ca}_5(\text{F,Cl})\text{X}(\text{PO}_4)_3$	5	На гранях стекланный, на изломе жирный; мелкозернистые массы имеют сильный стекланный блеск	Бесцветный и зелёный, желтоватый, белый, синевато-и бурозеленый	»

Излом; спайность	Характерная форма	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Практическое значение	Диагностические признаки	Происхождение
Совершенная в трёх направлениях по ромбоздру	Ромбоздрические и скаленоздрические кристаллы	2700	Использование для производства извести, прозрачных разностей — в оптике для изготовления поляризационных	Совершенная спайность по ромбоздру, малая твердость, вскипание при действии разбавленной	Образуется при гидротермальных процессах, а также при процессах выветривания и осадконакопления
Раковистый или землистый в скрытокристаллических разностях; совершенная в кристалл. разностях	Ромбоздрические кристаллы (встречаются редко), сплошные массы	3000—3400	Огнеупорный строительный материал, порошок употребляется в медицине	Вскипает при воздействии нагретой соляной кислоты	Обр. при метаморфизме основных магнезиальных гор. пород, при гидротермальных процессах и диагенезе извест., при осадконакоплении. Прод. выветр. магнез. пород.
Совершенная в трех направлениях по ромбоздру	Искривленные ромбоздрич. кристаллы (встр. редко), сплошные массы	2800—2900	Использование в качестве флюса в металлургии; строительный материал	Вскипает в порошке при воздействии соляной кислоты	Продукт диагенеза известняков при воздействии магнезиальных растворов. Образуется при метаморфизме осадочных пород.
Совершенная в трех направлениях	Плоские и искривленные ромбоздрические кристаллы	3700—3900	Ценная железная руда	Разлагается с шипением в нагретой соляной кислоте, котор. желтеет в результате образования хлорного железа	Образуется при гидротермальном и метасоматическом процессах (действие железосодержащих растворов на известняки). Продукт осадконакопления
Занозистый у волокнистых разностей; весьма совершенная в одном направлении	Таблитчатые, пластинчатые кристаллы, двойники в виде «ласточкина хвоста», розетки	2300	Использование в строительстве (штукатурка, в полубоженном виде — алебастр) для скульптур. и лепных работ, в медицине	Форма крист., весьма совершен. спайность в одном направлении и малая твердость	Химический осадок
Зернистый; совершенная по трем взаимно перпендикулярным направлениям	Мелкие таблитчатые кристаллы (встречаются редко), сплошные массы		Изготовление специального цемента, художественных поделок	В отличие от гипса не царапается ногтем, в отличие от кальцита не реагирует с кислотами	То же
Неровный, раковистый; несовершенная	Шестигранные призмы, реже таблитчатые кристаллы	3200	Производство минеральных; фосфорных удобрений	Форма кристаллов, твердость 5 (по шкале твердости)	Породообразующий минерал магматических пород, образуется также на контакте изверженных пород с известняками



№ п/п	Класс	Минерал	Химический состав	Твердость	Блеск	Цвет	Цвет черты
22	Фосфаты	Фосфорит	Фосфат Ca, близкий по составу к апатиту, но загрязненный глинистым и песчаным материалом	5	Матовый	Бледно-желтый, серый, бурый	Серая, слабая
23	Силикаты островные (ортосиликаты)	Оливин (перидот)	$(Mg, Fe)_2X[SiO_4]$	6,5 — 7	Стекланный	Оливково-зеленый, бутылочный, буроватый, прозрачны или просвечивающий	Не дает черты
24	То же	Гранат (альмандин)	$Fe_3Al_2[SiO_4]_3$	7- 7,5	Стекланный, реже жирный	Темно-красный, буроватый)	То же
25	Силикаты кольцевые	Турмалин	Сложный бороалюмосиликат (Na, Ca) X $X(Li, Mg, Al)_3 \cdot (Al, Fe, Mn)_6 X(OH)_4 X$ $X[BO_3]_3 X$ $X [Si_6O_{18}]$	7 — 7,5	Стекланный	Зеленый, розовый, бурый, черный, прозрачный	»
26	Силикаты цепочечные (пироксены)	Авгит	$Ca(Mg, Fe, Al) X X [(SiAl)_2 \cdot O_6]$	6,5	»	Зеленый, бурый, черный	Светлая, зеленая
27	Силикаты ленточные (амфиболы)	Роговая обманка	Общая формула амфиболов $R_7(OH)_2 X X [Si_4O_{11}]_2$ , где $R=Ca, Mg, Fe, Na, Al$ Полная формула $(Ca, Na)_2 X X(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al)_5 X X[(F, OH)_2[(Si, Al)_4 XO_{11}]_2]$	5,5—6	На плоскостях спайности шелковистый, похож на блеск рогового вещества	Серо- и темно-зеленый, черный	Зеленоватая или бурая

Излом; спайность	Характерная форма	Плотность $\rho_{23}$	Практическое значение	Диагностические признаки	Происхождение
Спайность отсутствует	Кристаллов не образует	3200	Производство минеральных фосфорных удобрений	Характерны желваки, конкреции радиально- лучистого строения	Образуется осадочным путем из фосфора, содержащегося в остатках древних организмов
Неровный; средняя	Кристалл редки, обычно зерна	3300 — 4400	Прозрачные разности— хризолиты— ювелирные камни. Оливиновые породы (дуниты) прим. в строительстве, огнеупорной и химической промышленности	Характерный оливково- зеленый цвет, довольно ясная спайность (в отличие от кварца), зернистость	Породообразу ющий минерал ультраосновны х и основных изверженных горных пород
Неровный, раковистый; несовершенная	Изометричн ые многогранник и	4100 — 4300	Используется как шлифовальный абразивный материал; прозрачные разности — драгоценные камни	Изометрическ ий облик кристаллов, окраска, высокая твердость	Образуется при метаморфическ их и реже магматических процессах
Занозистый; спайности нет	Трехгранные вытянутые шестоватые призматическ ие кристаллы с продольной штриховкой	3000 — 3200	Использование в радиотехнике; прозрачные разности — драгоценные камни	Призматическ ая тригональная форма кристаллов, продольная штриховка, твердость, отсутствие спайности	Встречается в гранитных породах и пегматитовых жилах, реже в контактово- метаморфическ их породах
Неровный; ясная по граням призмы под углом близким к прямому	Восьмиуголь ные призматическ ие мелкие столбчатые кристаллы, лучистые сростки	3300 — 3600	---	От роговой обманки отличается формой кристаллов, спайностью и твердостью	Породообразу ющий минерал основных изверженных горных пород
Занозистый; совершенная в двух направлениях под углом 124°	Столбчатые или гексагональн ые призматическ ие кристаллы	3100 — 3500	---	Форма кристаллов (игльчатая, шестоватая), спайность под углом 124°	Породообразу ющий минерал магматических и метаморфическ их горных пород

№ п/п	Класс	Минерал	Химический состав	Твердость	Блеск	Цвет	Цвет черты
28	Силикаты листовые	Тальк	$Mg_3(OH)_2X$ $X [Si_4O_{10}]$	1	Жирный, на плоскостях спайности перламутровый	Белый, желтый, зеленоватый голубоватый	Белая
29	То же	Серпентин (волокнистая — асбест, горный лен)	$Mg_6(OH)_8X$ $X [Si_4O_{10}]$	3—4	Жирный, восковой, шелковистый	От светло-зеленого, голубоватого до темно-зеленого с желтыми пятнами (напоминает кожу змеи)	Белая, зеленоватая
30	»	Каолинит	$Al_4(OH)_8X$ $X [Si, O_{10}]$	1—2	Тусклый, матовый, жирный, в чешуйках — перламутровый	Белый, слегка желтоватый или сероватый	Белая
31	Силикаты листовые (алюмосиликаты)	Мусковит (белая калиевая слюда); тонкочешуйчатая разновидность — серицит	$KAl_2X$ $X(F,OH)_2X$ $X[AlSi_3O_{10}]$	2—3	Стеклянный, перламутровый	Бесцветный с желтоватым, розоватым, зеленоватым или сероватым оттенком	»
32	То же	Биотит (черная железомagneзиальная слюда)	$K(Fe,Mg)_3X$ $X(F,OH)_2X$ $X[AlSi_3O_{10}]$	2—3	Стеклянный, перламутровый	Прозрачный, черный или темно-зеленый, бурый	Белая или зеленоватая
33	»	Хлориты	$(Fe,Mg)_5X$ $XAl(OH)_8X$ $X [AlSi_3O_{10}]$	2—2,5	То же	Зеленый	Светлая зеленоватая
34	»	Глауконит (из группы гидрослюд, возможно, агрегат нескольких минералов)	Примерный состав $K(Fe,Al,Mg)_3X$ $X(OH)_2X$ $X[AlSi_3O_{10}]X$ $XnH_2O$	2—3	Тусклый, стеклянный, жирный	Темно-зеленый (черновато-зеленый)	Зеленая

Излом; спайность	Характерная форма	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Практическое значение	Диагностические признаки	Происхождение
Весьма совершенная в одном направлении, расщепляется на толстые неупругие листочки	Листоватые и чешуйчатые кристаллы	2700—2800	Использование в резиновой, бумажной промышленности, медицине, а также в качестве кислотоупорного и огнеупорного материала	Жирный на ощупь, очень мягкий, листочки гибкие, но не упругие, характерный цвет	Продукт метаморфизма магнезиальных горных пород
Раковистый сплошных массах, занозистый в волокнистых разностях; совершенная в водном направлении в волокнистых разностях	Волокнистые и пластинчатые кристаллы, мелкие зерна	2500—2700	Асбест употребляется для изготовления огнеупорных тканей, картона, прокладок и т. д.	Серпентин отличается по окраске, отсутствию спайности и слабому жирному блеску; асбест — по волокнистому строению и шелк. блеску	Продукт гидротермального метаморфизма ультраосновных магматических горных пород
Землистый; у пластинок весьма совершенная в одном направлении	Кристаллы исключительно редки, обычные землистые массы	2600	Изготовление керамики, использование в строительстве, бумажной промышленности и в качестве огнеупорного	Жирный на ощупь, мягкий, вводе сильно набухает	Продукт гидротермальных изменений и поверхностного выветривания полевых шпатов и других алюмосиликатов
Весьма совершенная в водном направлении	Таблитчатые, пластинчатые кристаллы (достигают больших)	2700—3100	Использование в качестве электроизоляционного и тугоплавкого материала	Способность расщепляться на тонкие упругие листочки и чешуйки, светлая окраска	Породообразующий минерал магматических и метаморфических пород
То же	Таблитчатые гексагональные, пластинчатые кристаллы	3000—3100	----	Темная зеленовато-бурая окраска, способность расщепляться на упругие листочки, в толстых пластинах	То же
»	Таблитчатые, чешуйчатые кристаллы, образующие друзы, сплошные	2600—2800	Хлориты с высоким содержанием железа (шамозит) используются как железная руда	Способность расщепляться на гибкие, упругие листочки, характерный зеленый цвет, низкая твердость	Продукт метаморфических преобразований биотита, авгита и роговой обманки
Неровный	Мелкие (до 1 мм) зерна и желваки	2200—2800	Использование для смягчения воды	Темно-зеленый цвет, зернистость	Морской осадок

№ п/п	Класс	Минерал	Химический состав	Твердость	Блеск	Цвет	Цвет черты
35	Силикаты каркасные (алюмосиликаты)	Ортоклаз	$K[AlSi_3O_8]$	6	Стеклообразный	Белый, кремовый, голубовато-серый, розовый, мясо-красный	Белая
36	Силикаты каркасные (алюмосиликаты)	Микроклин	По составу аналогичен ортоклазу	6	Стеклообразный или слабый перламутровый на гранях спайности)	Кремовый, зеленовато-серый, розовый, зеленый (амазонит)	Светлая
37	То же	Альбит (натриевый плагиоклаз)	$Na[AlSi_3O_8]$	6	Стеклообразный	Белый, голубовато-белый	Белая
38	» »	Анортит (кальциевый плагиоклаз)	$Ca[AlSi_2O_8]$	6—6,5	»	Серый, белый, голубоватый, желтоватый	»
39	»	Лабрадор (известково-натриевый плагиоклаз)	Изоморфная смесь: An50—70%, Ab 50—30%	6	Стеклообразный, перламутровый.	Серый, темно-серый с голубыми и зеленоватыми переливами (иризирует)	»
40	»	Нефелин (элеолит «масляный камень	$Na[AlSiO_4]$	6	Стеклообразный на гранях, жирный на изломе	Серый, розовый, желто-бурый, бесцветный	Не дает черты
<i>Минералы, не имеющие порообразующего</i>							
41	Самородные элементы	Алмаз	C	10	Сильный алмазный	Прозрачный бесцветный, желтый, голубой, черный (карбонадо)	Не дает черты
42	Силикаты (островные)	Топаз	$Al_2(F,OH)_2X [SiO_4]$	8	Стеклообразный	Бесцветный, голубоватый, желтоватый, розовый	То же

Излом; спайность	Характерная форма	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Практическое значение	Диагностические признаки	Происхождение
Совершенная по двум направлениям под прямым углом	Призматические, пинакоидальные кристаллы	2600	Бледно окрашенные различия применяются в фарфоровой и фаянсовой промышленности	Прямоугольные сколы, высокая твердость, совершенная спайность	Породообразующий минерал кислых, средних и щелочных изверженных пород. Продукт высокотемпературных гидротермальных изменений пород
Совершенная по двум направлениям под углом, близким к прямому	Призматические кристаллы, сходные с кристаллами ортоклаза	2600	То же, что и у ортоклаза. Амазонит — поделочный камень	Отлич. от ортоклаза по спайности (угол между плоскостями спайности менее 20°)	Породообразующий минерал средних и щелочных изверженных горных пород. Образуется также при метаморфических процессах
Неровный; совершенная по двум направлениям под углом менее 90°	Таблитчатые, пластинчатые кристаллы, часто их сростки	2600	—	Белый цвет, иногда с тонкой штриховкой на плоскостях спайности, высокая твердость	Образуется при магматических и метасоматических гидротермальных процессах (породообразующий)
Ясная в двух направлениях	Таблитчатые кристаллы (встречаются редко)	2700	—	Сходен с альбитом, отличается только в шлифах	Породообразующий минерал основных изверженных гор-
Совершенная в двух направлениях	Таблитчатые кристаллы с заметной штриховкой на плоскостях спайности (в породе одиночные кристаллы редки)	2700	Лабрадорит (порода, состоящая из лабрадора)-поделочный и облицовочный материал	Иризация	То же
Плоскораковистый; несовершенная	Мелкие призматические кристаллы (встречаются редко)	2700	Исполь. в стекольной пром., а так же для получения соды, глинозема и красок	От ортоклаза и плагиоклазов отлич. жир. блеском и несовершенной спайностью; от кварца — тверд. и	Породообразующий минерал щелочных магматических горных пород
<b>значения, но входящие в шкалу твердости</b>					
Совершенная в четырех направлениях по октаэдру	Восьми- и двенадцатигранные кристаллы (октаэдр, ромбододекаэдр и др.)	3500	Драг. камень; используется для шлифовки, изготовления буровых коронок	От кварца отличается совершенной спайностью, высокой твердостью и формой	Продукт кристаллизации ультраосновной магмы в трубах взрыва
Неровный; совершенная в одном направлении	Призматические кристаллы	3300 — 3600	Драгоценный камень; используются также как абразивный материал	От кварца отличается большей твердостью, совершенной спайностью и более сильным	Образуется при магматическом (пегматиты) и автometаморфическом процессах

### **Задание по теме: «Определение порообразующих минералов»**

Работа с набором минералов без этикеток: пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, кальцит, флюорит.

1. Определить предложенные минералы с помощью определителя минералов и записать их основные характеристики в рабочую тетрадь.

#### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

##### ***Основная:***

1. Барская В.Ф., Рычагов Г.И. Практические работы по общей геологии.- М.: Просвещение, 1970. – 158 с.
2. Бондарев В.П. Руководство к курсу геологии и полевая геологическая практика. – М.: Просвещение, 1979. – 76с.
3. Геологический словарь. /Под ред. К.Н.Паффенгольц и др., в 2-х томах. – М.: Недра, 1978.
4. Краткий геологический словарь для школьников. / Под ред. Г.И. Немкова. – М.: Недра, 1989.
5. Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии: Учебное пособие/ В.Н. Павлинова, А.Е. Михайлов и др. М.: Недра, 1988. – 149с.
6. Потапенко Ю.Я. Геологические маршруты в Приэльбрусье. Учебное пособие. - Карачаевск, 2002. – 165 с.
7. Смольянинов Н.А. Практическое руководство по минералогии. – М.: Недра, 1972. -214 с.

##### ***Дополнительная:***

1. Бондарев В.П., Сербаринов А.Е. Практикум по геологии с основами палеонтологии. – М.: Просвещение, 1980, - 143 с.
2. Волошин А.В., Майстерман С.А. Минералы Кольского полуострова. – Мурманск, 1983. – 107 с.
3. Гегузин Я.Е. Живой кристалл. – М.: Наука, 1981. -192с.
4. Добровольский В.В. Геология. М.: Гуманит. изд. центр Владос, 2001. -320 с.
5. Донохью М. Путеводитель по минералам для

- начинающих. /Пер. с англ. – Л.: Недра, 1985. – 207 с.
6. Жабин А.Г. Жизнь минералов. М.: Советская Россия, 1976. - 224с.
  7. Кантор Б.З. Минерал рассказывает о себе. – М.: Недра, 1985. – 135 с.
  8. Карлович И.А. Геология: Учебное пособие для вузов.– М.: Академический проект, 2004. – 704 с.
  9. Милашев В.А. Алмаз. Легенда и действительность. – Л.: Недра, 1976. – 112 с.
  10. Митчелл Ричард С. Названия минералов. Что они означают? / Пер. с англ. В.И. Кудряшовой. – М.: Мир, 1982. – 246 с.
  11. Петров В.П. Сложные загадки простого строительного камня. – М.: Недра, 1984. – 150 с.
  12. Супрычев А.В., Малхасян Э.Г. Представления о самоцветах в средневековой Армении: Лекция по геммолог. исслед. – Ер.: Айастан, 1984. 54 с.
  13. Шафрановский И.И. Симметрия в природе. – Л.: Недра, 1985. -168 с.



Лабораторные занятия по геологии  
(минералы)

Учебно-методическое пособие

План университета 2004 г., поз. 15

Редактор  
Компьютерный набор и вёрстка

*Н.В. Ефрюкова*  
*П.А. Кипкева*

Подписано в печать 27. 09. 04.

Формат 60x84/16

Бумага газетная

Объем 4,4 физ. печ. л., 3,9 усл. печ. л., 3,5 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз.

Издательство Карачаево-Черкесского государственного  
университета: 369202, Карачаевск, ул. Ленина, 29  
Лицензия 040310 от 2.10.1997

Отпечатано в типографии  
Карачаево-Черкесского госуниверситета:  
369202, Карачаевск, ул. Ленина, 46