

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Е.Е. ПУГАЧЕВА**

# **ОСНОВЫ МИНЕРАЛОГИИ И ПЕТРОГРАФИИ**

Учебное пособие

**Томск 2008**

УДК 549; 552  
ББК 26.303я73+26.304я73  
П 88

Печатается по решению  
Учебно-методического совета  
Томского государственного  
педагогического университета

**П 88 Пугачева Е.Е. Основы минералогии и петрографии:** Учебное пособие для студентов географических специальностей педагогического университета. Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета. 2008. 104 с.; ил.

ISBN 978-5-89428-252-7

Учебное пособие предназначено для студентов географических специальностей педагогического университета (032500.00 – география с дополнительной специальностью и 012500 – география). Пособие содержит начальные сведения по кристаллографии, минералогии и петрографии. Приведены краткие характеристики около 90 минералов и дан оригинальный определитель минералов. При диагностическом описании за основу приняты физические признаки, определение которых не требует специальных технических средств. Пособие также содержит описание наиболее распространенных горных пород земной коры и принципы изучения геологического обнажения. Пособие может быть использовано для проведения лабораторных занятий по курсам «Основы минералогии и петрографии», «Геология» по разделам «Кристаллография», «Минералогия», «Петрография», а также при самостоятельной подготовке студентов и проведении элективных занятий в общеобразовательных учреждениях.

ББК 26.303я73+26.304я73

**Рецензенты:**

доктор геолого-минералогических наук, профессор, зав. кафедрой петрографии ГГФ ТГУ *А.И.Чернышов*  
доктор геолого-минералогических наук, профессор ТПУ *В.Н.Сальников*

ISBN 978-5-89428-252-7

© Издательство ТГПУ, 2008  
© Е.Е. Пугачева, 2008

## Оглавление

Предисловие .....	4
Глава 1. Общие сведения по кристаллографии. ....	5
Глава 2. Основные понятия минералогии и главные физическо-диагностические свойства минералов .....	14
Глава 3. Описание минералов .....	18
3.1. Классификация минералов .....	18
3.2. Тип I. Самородные элементы .....	18
3.3. Тип II. Сернистые соединения и их аналоги .....	22
3.4. Тип III. Галоиды .....	27
3.5. Тип IV. Оксиды и гидроксиды .....	29
3.6. Тип V. Кислородные соли .....	35
Глава 4. Основы петрографии. ....	62
4.1. Магматические горные породы .....	63
4.2. Осадочные горные породы .....	65
4.3. Метаморфические горные породы .....	77
4.4. Описание геологического обнажения .....	81
Список использованной литературы .....	86
Приложение 1. Диагностические таблицы для определения минералов .....	87
Приложение 2. Минералы-талисманы .....	92
Приложение 3. Основные минералы, используемые в промышленности .....	95
Приложение 4. Алфавитный указатель минералов .....	98
Приложение 5. Алфавитный указатель горных пород .....	101

## Предисловие

Дисциплина «Основы минералогии и петрографии» является одной из составных частей более обширного курса – «Геология». Важность существования данных дисциплин в числе общеобразовательных предметов объясняется спецификой их содержания: понятия «время» и «пространство» охватывают в геологии процессы, связанные с началом формирования субатомного уровня до периода образования Вселенной; геологические науки рассматривают очень разные уровни конкретизации и абстракции знания; геологические знания имеют междисциплинарное значение в целом для наук естественнонаучного цикла (география, химия, биология, почвоведение, экология и др.), они способствуют формированию научного мышления, спроецированного на многомиллиардную историю Земли; полевые и лабораторные исследования в геологии представляют исключительную важность и не имеют аналогов в других образовательных дисциплинах.

Объем небольшого количества часов, отводимых на аудиторные занятия геологических дисциплин, крайне затрудняет изучение и усвоение профильных знаний. Существующие учебники ориентированы в основном на студентов-геологов и содержат большой объем специальных терминов и понятий, которые не всегда понятны и нужны будущим учителям. Вместе с тем, некоторые базовые учебники, которые содержат необходимую информацию, давно стали библиографической редкостью (Бетехтин А.Г. Курс минералогии, 1951 г.; Годовиков А.А. Минералогия, 1983 г.), хотя до сих пор активно используются составителями различного учебно-методического материала. Изданные учебно-методические пособия в ТГПУ (Пугачева Е.Е., 1997, 2000 гг.), в настоящее время представлены в библиотеке вуза в единичных экземплярах, другие виды учебно-методической литературы отсутствуют.

Данное учебное пособие написано в соответствии с действующей рабочей программой по дисциплине «Основы минералогии и петрографии» (национально-региональный компонент) и согласно учебному плану по специальности 012500 – география, также оно может быть использовано по курсу «Геология» специальности 032500.00 – география с дополнительной специальностью.

Пособие рассматривает основные вопросы, изучаемые по разделам «Кристаллография», «Минералогия», «Петрография». Значительное количество рисунков, таблиц, обширное приложение помогают усвоить материал и использовать его в смежных дисциплинах.

При составлении данного пособия основное внимание было уделено конкретным сведениям, способствующим более точному определению минералов и горных пород, выяснению условий их образования. При этом студентам важно не только приобрести знания диагностических свойств, но и получить представление о причинах, обуславливающих эти свойства в зависимости от особенностей строения кристаллического вещества. Особое внимание обращено на сведения практического характера, отражающие важные в промышленном отношении группы минералов.

Применение методики полевых наблюдений позволит использовать приобретенные знания по минералогии и петрографии при расшифровке условий формирования различных геологических объектов.

Посещение минералогических выставок, музеев, ознакомление с различными фотоальбомами, частными коллекциями следует рассматривать как часть процесса обучения, что значительно обогатит Ваши представления о мире «камней» и расширит знания об окружающем мире.

Автор будет признателен за все замечания, направленные на дальнейшее совершенствование пособия. Просьба посылать их по адресу: 634041, г. Томск, Комсомольский пр., 75. ТГПУ, историко-географический факультет, кафедра географии.

## Глава 1. Общие сведения по кристаллографии

**Кристаллография** – наука о кристаллах и кристаллическом веществе, о их строении, свойствах и процессах образования.

Большинство минералов в природе относится к твердым кристаллическим веществам. Аморфные минералы встречаются редко. Определяющей особенностью кристаллических веществ является упорядоченное расположение слагающих их атомов, ионов или молекул. Закономерности внутреннего строения кристаллического вещества проявляются в его внешней правильной форме. Каждый минерал имеет свою кристаллическую структуру (пространственную и кристаллическую решетку). При свободном росте внешняя огранка кристалла полностью соответствует его внутреннему строению, но при массовой кристаллизации растущие кристаллы, мешая друг другу, принимают вынужденную форму, хотя внутреннее строение при этом остается неизменным. Точно определить структуру таких кристаллов можно только рентгеновским или оптическими методами. Однако, во многих случаях, несмотря на дефекты огранки, удастся мысленно восстановить облик кристаллов, что значительно упрощает диагностику минералов в полевых условиях.

**Кристаллом** называется кристаллическое вещество, имеющее форму естественного многогранника. В кристаллах различают *элементы ограничения*: грани, вершины, ребра. Грани – это плоскости, ограничивающие многогранник; ребра – линии пересечения граней; вершины – точки пересечения ребер.

Формы граней кристаллов многообразны. Грани могут быть представлены квадратами, треугольниками, прямоугольниками и др. Каждому минералу кристаллического строения характерна своя форма кристаллов, которая может использоваться в качестве диагностического признака. Так, для кристаллов гипса свойственна таблитчатая форма, а при срастании двух таких кристаллов или нескольких возникает весьма своеобразный сросток, напоминающий форму ласточкиного хвоста (рис. 1). Пирит нередко кристаллизуется в форме пентагон-додекаэдра, т.е. кристалл состоит из двенадцати пятиугольников (рис. 2). Кристаллы кальцита часто встречаются в виде ромбоэдров (рис. 3).

Однако, количество и форма граней, их размеры в разных кристаллах одного и того же минерала могут изменяться в зависимости от условий образования. Например, кальцит может быть в форме ромбоэдрических, таблитчатых и других образований. Но характерной особенностью роста кристалла является то, что при этом его грани перемещаются параллельно самим себе. Поэтому углы между соответствующими гранями в кристаллах одного химического состава остаются постоянными (*первый закон кристаллографии*). И хотя в образцах форма кристаллов не всегда идеально выражена, а чаще просто искажена, все же в большинстве случаев удается различить какие-либо признаки кристаллического строения – грани, штриховку или постоянные углы между гранями.

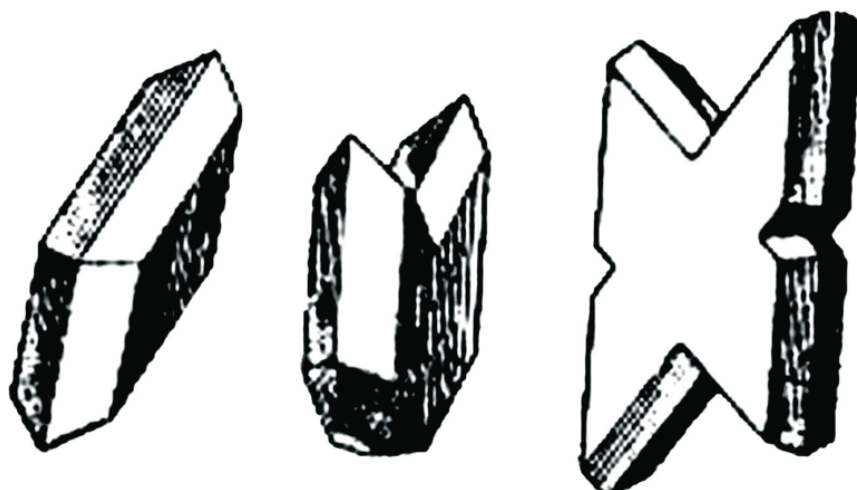


Рис. 1. Формы кристаллов гипса:  
слева – простой кристалл, следующие – его двойники

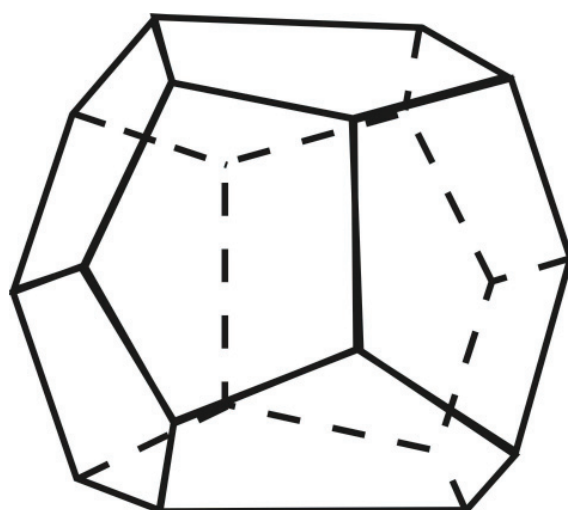


Рис. 2. Кристалл пирита в форме пентагон-додекаэдра

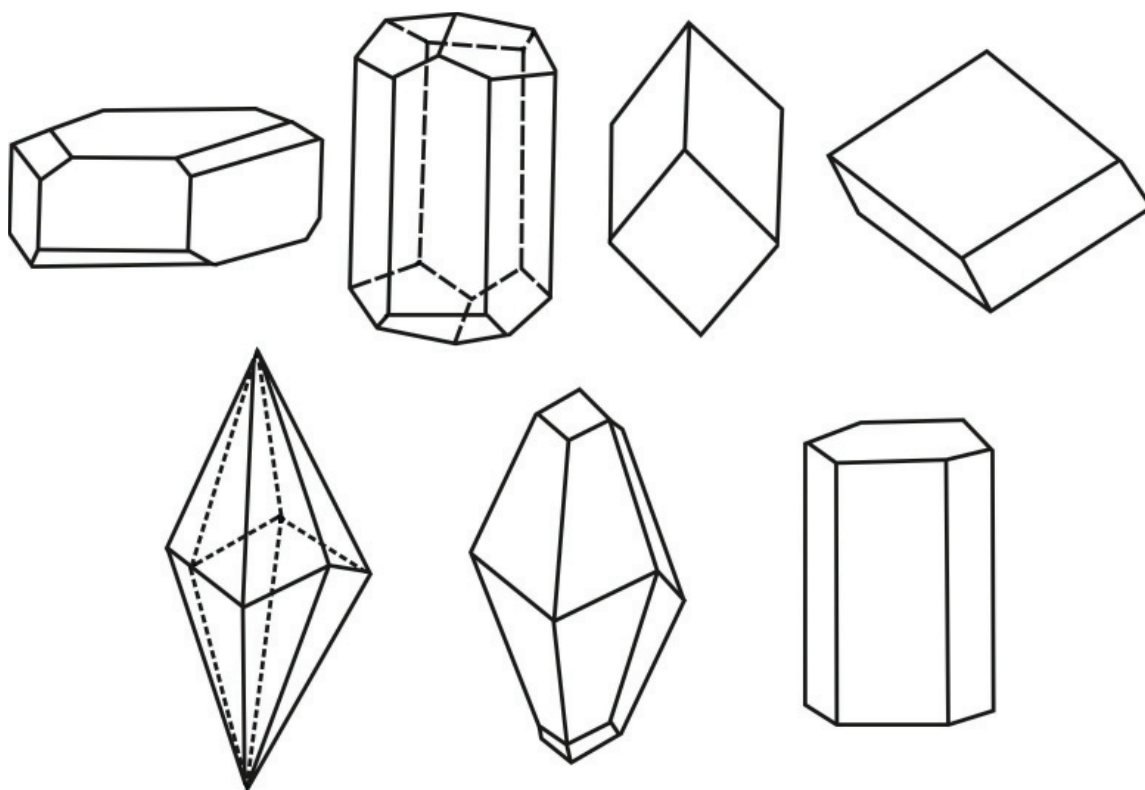


Рис. 3. Различные природные формы кристаллов кальцита

**Симметрия в кристаллах.** Идеально образованные кристаллы обладают симметрией (кристаллическая симметрия). *Симметрией кристалла* называется закономерное повторение граней, ребер, вершин. Симметричной считается фигура, которая может совмещаться сама с собой в результате одного или нескольких отражений. Это отражения называются симметричными преобразованиями, а точки, линии и плоскости, обеспечивающие эти преобразования – *элементами симметрии*. В кристаллах отмечаются следующие *элементы симметрии*: плоскость симметрии, ось симметрии, центр симметрии.

*Плоскость симметрии* – это воображаемая плоскость, которая делит кристалл на две равные части, причем одна из частей является как бы зеркальным отражением другой (рис. 4).

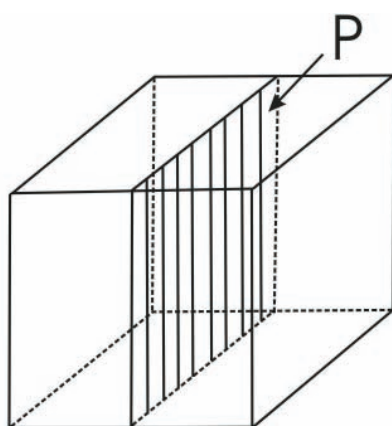


Рис. 4. Плоскость симметрии (P) в галите

Плоскость симметрии обозначается заглавной буквой P латинского алфавита, а коэффициент, стоящий перед ней, показывает количество плоскостей симметрии в многограннике. В различных кристаллах можно провести разное количество плоскостей симметрии. В кубе, например, можно провести девять плоскостей симметрии (рис. 5). Для куба с девятью плоскостями симметрии обозначение будет 9P.

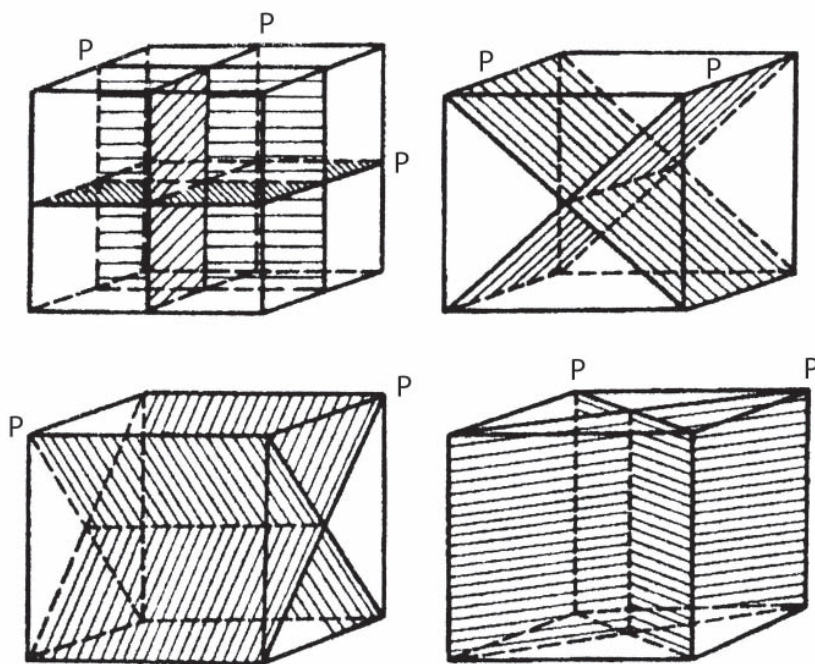


Рис. 5. Плоскости симметрии в кубе

Ось симметрии – линия, при вращении вокруг которой на  $360^\circ$  кристалл несколько раз повторяет свое начальное положение в пространстве. Ось симметрии обозначается буквой L. В кристалле может быть несколько осей симметрии:

- ось симметрии второго порядка ( $L^2$ ): при вращении вокруг оси на  $360^\circ$  кристалл повторяет свое начальное положение в пространстве два раза (рис. 6а);
- ось симметрии третьего порядка ( $L^3$ ): при вращении вокруг этой оси кристалл повторяет свое начальное положение в пространстве три раза;
- ось симметрии четвертого порядка ( $L^4$ ): при вращении вокруг этой оси кристалл повторяет свое начальное положение в пространстве четыре раза (рис. 6в);
- ось симметрии шестого порядка ( $L^6$ ): при вращении вокруг этой оси кристалл повторяет свое начальное положение в пространстве шесть раз (рис. 6г).



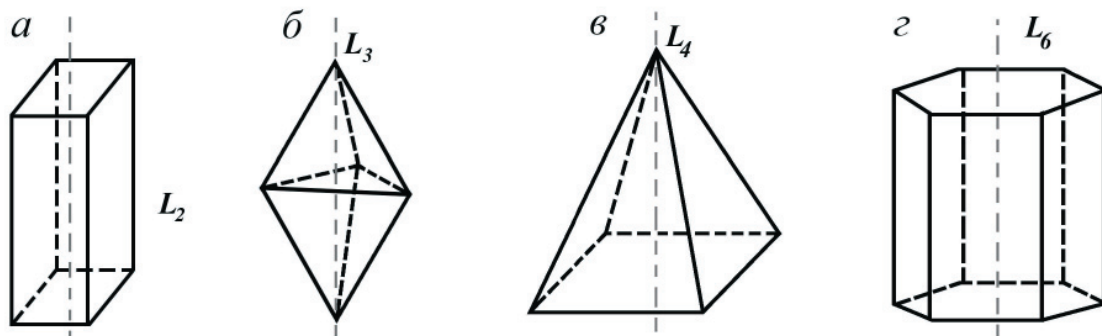


Рис. 6. Многогранники с осями симметрии второго (а), третьего (б), четвертого (в) и шестого (г) порядков

В кристаллическом многограннике может быть несколько осей симметрии различных порядков. Коэффициент, стоящий перед символом оси симметрии, показывает количество осей симметрии того или иного порядка. Так, в кубе отмечаются три оси симметрии 4-го порядка (проходят через середины противоположных граней –  $3L^4$ , четыре оси 3-го порядка (проводятся через противоположные вершины трехгранных углов) –  $4L^3$  и шесть осей 2-го порядка (проходят через середины противоположных ребер) –  $6L^2$  (рис. 7).

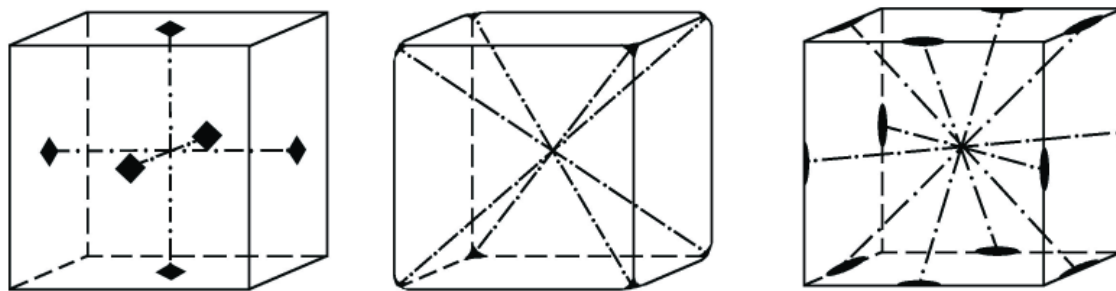


Рис. 7. Оси симметрии в кубе (квадратами показаны оси симметрии 4-го порядка, треугольниками – оси 3-го порядка, уплощенными овалами – оси симметрии 2-го порядка)

Ось симметрии пятого порядка в кристаллах не наблюдается, а ось симметрии первого порядка в кристаллах не учитывается.

Центр симметрии (центр инверсии) – воображаемая точка, расположенная внутри кристалла, в которой пересекаются и делятся пополам линии, соединяющие соответствующие точки на поверхности кристалла (рис. 8). Центр симметрии обозначается буквой С. В кристаллах не может быть более одного центра симметрии. Есть кристаллы, которые лишены этого элемента симметрии.

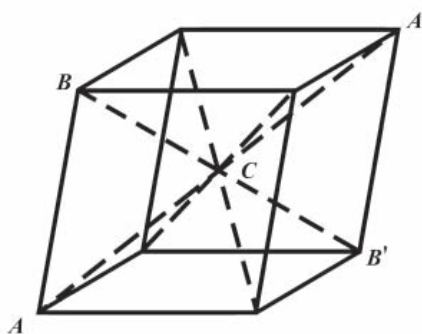


Рис. 8. Центр симметрии кристалла



**Виды симметрии и сингонии кристаллов.** В кристаллах элементы симметрии находятся во взаимосвязи. Благодаря зависимости одних элементов симметрии от других взаимные сочетания их весьма ограничены. Установлено, что возможно 32 комбинации различных группировок, т.е. 32 вида симметрии, или 32 кристаллографических класса. Каждый из них объединяет кристаллы по совокупности элементов симметрии или наличию какого-либо одного определенного элемента и отсутствию других.

Виды симметрии объединяются в более крупные группировки, называемые сингониями. Установлено семь сингоний: кубическая, гексагональная, тетрагональная, тригональная, ромбическая, моноклиновая и триклиновая (табл. 1).

Таблица 1

**Виды симметрии кристаллических многогранников**

Категория	Сингония	Вид симметрии						
Низшая	Триклинная	<sup>1</sup> $L^1$	<sup>2</sup> $C$					
	Моноклиновая			<sup>3</sup> $P$	<sup>4</sup> $L^2$	<sup>5</sup> $L^2PC$		
	Ромбическая			<sup>6</sup> $L^22P$	<sup>7</sup> $3L^2$	<sup>8</sup> $3L^23PC$		
Средняя	Тригональная	<sup>9</sup> $L^3$	<sup>10</sup> $L^3C$	<sup>11</sup> $L^33P$	<sup>12</sup> $L^33L^2$	<sup>13</sup> $L^33L^23PC$		
	Тетрагональная	<sup>14</sup> $L^4$	<sup>15</sup> $L^4PC$	<sup>16</sup> $L^44P$	<sup>17</sup> $L^44L^2$	<sup>18</sup> $L^44L^25PC$	<sup>19</sup> $L_{i4}=L^2$	<sup>20</sup> $L_{i4}(=L^2)2L^22P$
	Гексагональная	<sup>21</sup> $L^6$	<sup>22</sup> $L^6PC$	<sup>23</sup> $L^66P$	<sup>24</sup> $L^66L^2$	<sup>25</sup> $L^66L^27PC$	<sup>26</sup> $L_{i6}=L^3P$	<sup>27</sup> $L_{i6}3L^23P=L^33L^24P$
Высшая	Кубическая	<sup>28</sup> $4L^33L^2$	<sup>29</sup> $4L^33L^23PC$	<sup>30</sup> $4L^33L^2(3L_{i4})6P$	<sup>31</sup> $3L^44L^36L^2$	<sup>32</sup> $3L^44L^36L^29PC$		

Примечание: 19-й вид симметрии следует отличать от 40-го вида с одной простой  $L^2$ .

Кристаллы кубической сингонии относятся к *высшей категории*; гексагональная, тетрагональная и тригональная – к *средней категории*. Кристаллы ромбической, моноклиновой и триклиновой сингонии объединены в *низшую категорию*.

В *кубической сингонии* кристаллизуются наиболее симметричные кристаллы (каменная соль, пирит, алмаз и пр.). Они характеризуются наличием более чем одной оси симметрии выше второго порядка и могут встречаться в виде куба, октаэдра, ромбододекаэдра и других форм.

*Гексагональная сингония* характеризуется, помимо других элементов симметрии, обязательным наличием одной оси шестого порядка. Кристаллы в этой сингонии образуют призмы, пирамиды, дипирамиды и их комбинации. Так кристаллизуются апатит, нефелин, берилл и другие минералы.

Для *тетрагональной сингонии* необходимо присутствие одной оси четвертого порядка. Формы кристаллов данной сингонии – тетрагональные призмы, пирамиды и их комбинации. Они типичны для таких минералов, как касситерит, халькопирит, циркон и другие.

У кристаллов *тригональной сингонии* всегда присутствует одна ось симметрии третьего порядка. Наиболее часто встречающиеся формы этих кристаллов – призмы, пирамиды, дипирамиды, их комбинации. В данной сингонии кристаллизуются кварц, кальцит, гематит, корунд и другие минералы.

Кристаллы *ромбической сингонии* имеют несколько осей второго порядка или несколько плоскостей симметрии. Характерные формы – ромбический тетраэдр, ромбическая призма, ромбическая пирамида и ромбическая дипирамида. В ромбической сингонии кристаллизуются барит, топаз, антимонит и другие минералы.

Кристаллы *моноклинной сингонии* характеризуются наличием одной оси второго порядка или одной плоскости симметрии. Формы кристаллов – ромбическая призма и сочетание простых форм – пинакоидов и моноэдров. Они типичны, например, для таких минералов как ортоклаз, слюда, гипс.

К *триклинной сингонии* относятся кристаллы линейных элементов симметрии или имеющие лишь центр симметрии. Характерные формы кристаллов – комбинации пинакоидов и моноэдров. В триклинной сингонии кристаллизуются плагиоклазы, дистен и другие минералы.

**Простые формы и комбинации простых форм кристаллов. Открытые и закрытые простые формы.**

По внешней огранке все кристаллы разделяются на группы простых и сложных форм. В случае *простых форм* все грани кристалла одинаковы по форме и размерам. В природе среди кристаллов наблюдаются 47 простых форм. Примерами простых форм могут служить куб, тетраэдр, октаэдр, ромбоэдр и др.

Для кристаллов каждой сингонии характерны свои определенные простые формы. В сингониях низшей категории возможны моноэдры, диэдры, пинакоиды, ромбические призмы и пр. (рис. 9). В сингониях средней категории вероятны моноэдры, пинакоиды, призмы разного рода, различные пирамиды и дипирамиды, трапецоэдры, ромбоэдры, скаленоэдры, тетрагональные тетраэдры (рис. 10). В кубической сингонии возможны 15 простых кристаллографических форм, из них на кристаллах минералов чаще всего наблюдаются тетраэдр, октаэдр, гексаэдр (куб), ромбододекаэдр, пентагон-додэкаэдр, тетрагон-триоктаэдр (рис. 11).

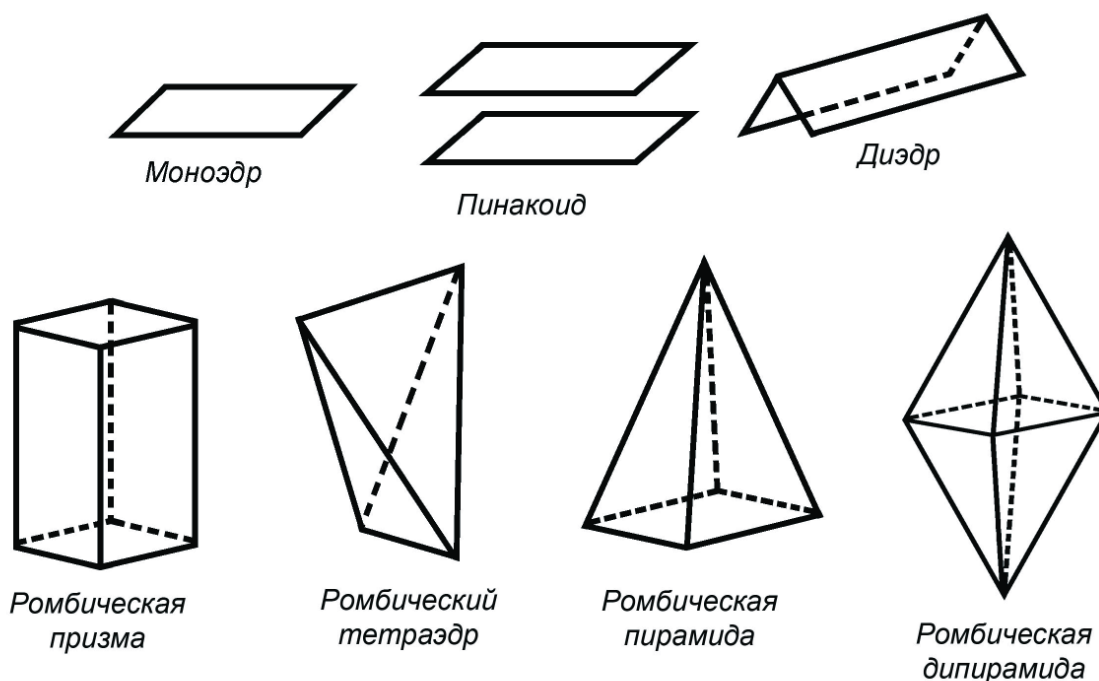
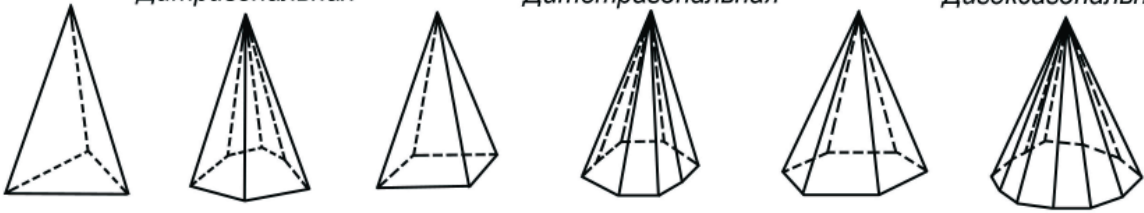
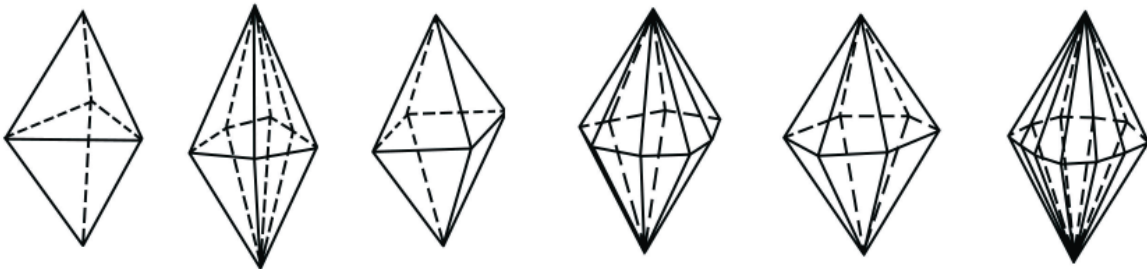


Рис. 9. Простые формы низшей категории сингоний

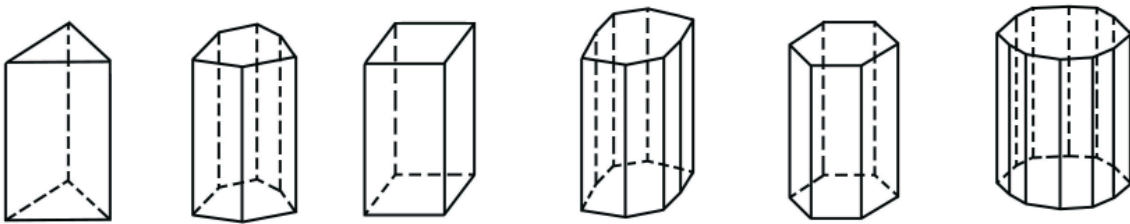
Тригональная  
Дитригональная      Тетрагональная  
Дитетрагональная      Гексагональная  
Дигексагональная



**ПИРАМИДЫ**



**ДИПИРАМИДЫ**



**ПРИЗМЫ**

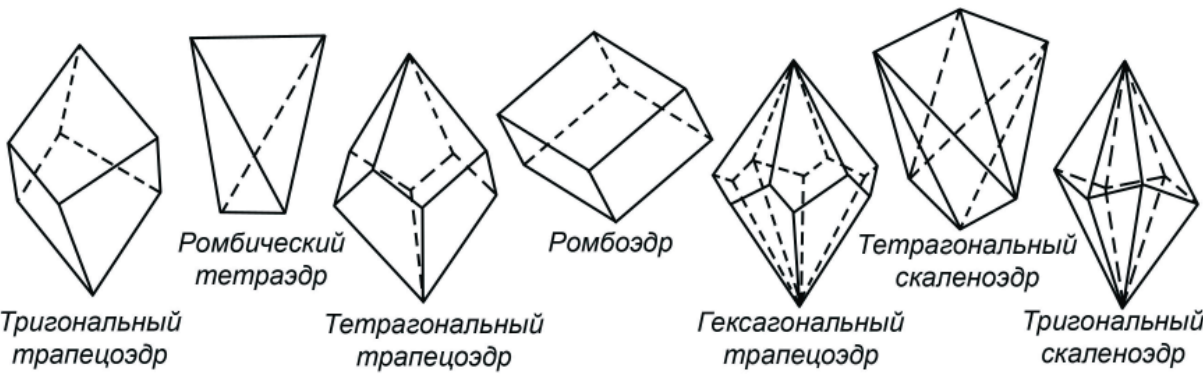


Рис. 10. Простые формы средней категории сингоний

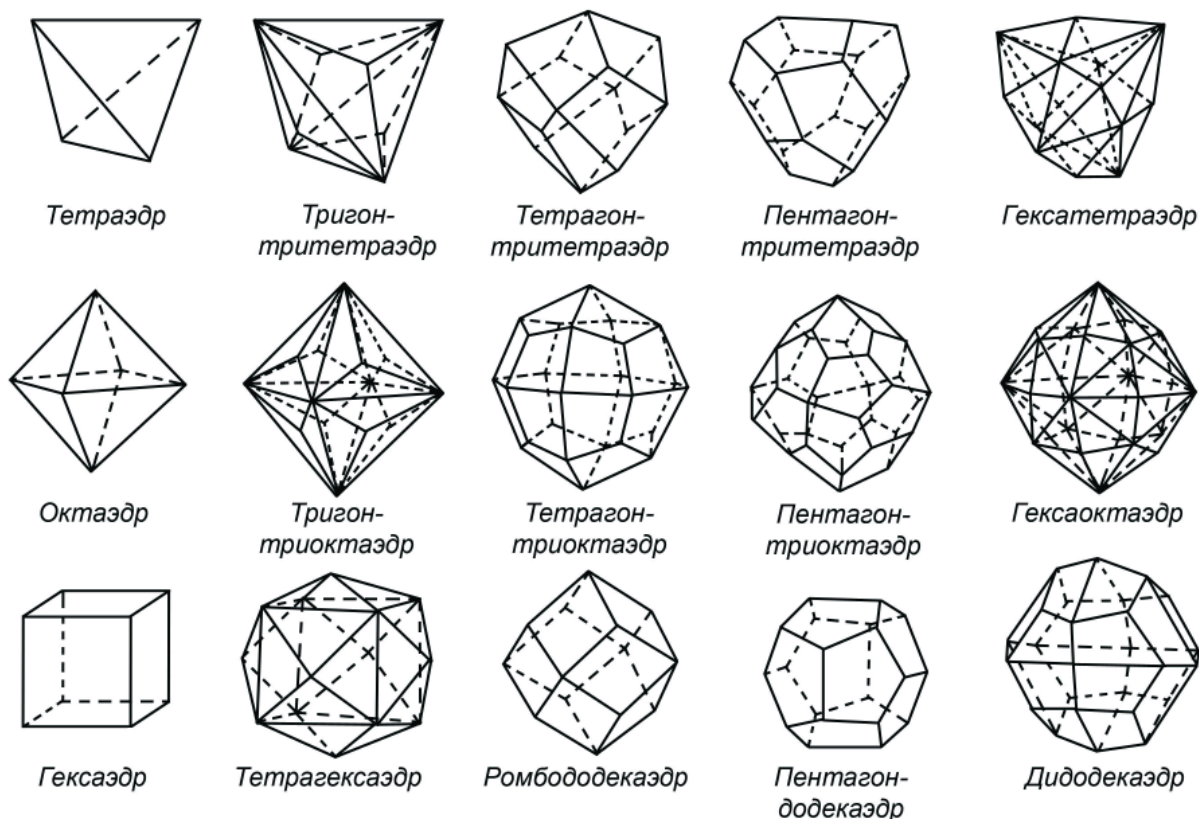


Рис. 11. Простые формы высшей категории (кубической) сингоний

Сложные формы образуются при наличии у кристалла граней различной формы и величины и представляют собой комбинацию простых форм, объединенных элементами симметрии. Простые формы образуют великое множество комбинаций. Этим и объясняется то разнообразие геометрических форм, которое присуще природным многогранникам.

Если простая форма со всех сторон замыкает пространство, она называется *закрытой*. Например, куб, октаэдр, тетраэдр. Однако среди простых форм имеются и такие, которые не полностью замыкают пространство. К ним относятся, в частности, призмы и пирамиды. Такие формы называются *открытыми*. Они могут существовать в кристалле только в сочетании с другими простыми формами, образуя комбинации простых форм. Например, кристалл в форме тригональной пирамиды представляет сочетание двух простых форм – пирамиды и моноэдра, а тригональная призма состоит из граней призмы и пинакоида (двух параллельных и равных граней).

При определении минерала по форме его кристаллов надо начинать с выявления его облика и пропорции ограничивающих его сторон, т.е. с выявления *габитуса*. Габитусы конкретных кристаллов описываются любыми подходящими терминами, обычно не требующими пояснения: таблитчатый (слюда), игольный (рутил), проволочный (серебро), короткостолбчатый (циркон) и т.д. Кристаллы одного минерала могут встречаться в многочисленных весьма различных габитусах, например: барит – более 700 различных вариантов, пирит и кальцит – около тысячи.

По габитусу отдельные кристаллы объединяются в три типа:

- 1) изометрические, имеющие, примерно, одинаковые размеры по трем взаимно перпендикулярным направлениям и образующие кубические формы (галит, флюорит, магнетит);
- 2) вытянутые по двум направлениям, в результате чего образуются таблитчатые, пластинчатые, листоватые кристаллы (слюда);
- 3) вытянутые в одном направлении с образованием столбчатых, шестоватых, волокнистых форм (кварц, барит).

После определения типа габитуса минерала следует уточнить форму и попытаться установить сингонию. Поэтому всегда нужно найти в исследуемом образце кристаллы с хорошо образованными формами. А для этого образец тщательно рассматривают во всех сторон, а при необходимости можно и расколоть, чтобы найти неизменные кристаллы. При находке хорошо ограненных кристаллов определение минерала произведется наиболее быстро и точно.

#### **Контрольные вопросы и задания:**

1. Что такое симметрия и как она проявляется в природе?
2. Назовите элементы симметрии кристаллов и раскройте понятие каждого из них.
3. Сформулируйте первый закон кристаллографии и объясните, как он связан со строением кристаллического вещества.
4. Дайте определение понятию «сингония». Какие существуют сингонии? Как проводится их группировка?
5. Используя простые формы кристаллов семи сингоний, определите название моделей предложенных двух простых форм кристаллов разных сингоний.
6. На предложенной модели кристалла определите количество и названия простых форм.
7. Что такое простая, открытая и закрытая форма кристаллов? Назовите простые формы низших сингоний.
8. Что представляет собой комбинация простых форм?
9. Чем определяется габитус кристалла?



## Глава 2. Основные понятия минералогии и главные физическо-диагностические свойства минералов

*Минералогия* – наука о минералах, их структуре, физических и химических свойствах, геологических условиях образования и изменения, а также о минералогических критериях поиска полезных ископаемых. Минералогия принадлежит к числу геологических наук, изучающих земную кору.

*Минерал* – химическое соединение или самородный элемент, образованный в результате физико-химических процессов, происходящих в земной коре или на ее поверхности, а также искусственно получаемый в лабораторных условиях. В настоящее время известно около 4000 минералов. Они входят в состав горных пород Земли.

Минералы могут состоять из одного химического элемента (сера, медь, графит, золото и др.) или нескольких (кварц, пирит, кальцит и др.). Большинство минералов – твердые тела, однако известны и жидкие минералы (ртуть, вода) и газообразные (метан, сернистый газ и др.). На лабораторных занятиях предполагается изучать только твердые тела. Твердые минералы по своему строению бывают кристаллическими (около 98%) или аморфными.

*Минеральный вид* – совокупность минералов одинаковой структуры, состав которых отвечает индивидуализированному химическому соединению и может непрерывно изменяться в пределах, ограничивающихся либо изменением структуры, либо условно принятыми химическими границами.

*Минеральные разновидности* выделяют по особенностям химического состава, структуры, морфологии кристаллов, физических свойств одного минерального вида.

*Минеральные агрегаты* – естественные скопления минералов.

*Кристалл* – однородное по составу тело строго геометрической формы с закономерным внутренним строением кристаллической решетки. Структура кристаллической решетки определяет разнообразие физических свойств кристаллов, а тем самым и минералов.

### Физическо-диагностические свойства минералов

При определении минералов по внешним признакам необходимо обращать внимание, в первую очередь, на общие для всех минералов признаки, а затем переходить к рассмотрению индивидуальных особенностей отдельных минералов. Под *физическими* свойствами минералов понимают цвет, цвет черты, блеск, спайность, излом, твердость и плотность.

*Цвет* минерала зависит от его химического состава, структурных особенностей, от присутствия элементов-хромофоров и от механических примесей. Цвет минерала следует наблюдать на свежем изломе (расколоть образец) и при его определении сравнивать с хорошо знакомыми предметами (соломенно-желтый, молочно-белый, свинцово-серый, кроваво-красный и т.д.).

У некоторых непрозрачных минералов можно наблюдать радужные пестрые пленки на их поверхности: халькопирит – желтовато-сине-зеленые, антимонит – темно-синие и др., такое явление называется *побежалость*.

*Цвет черты* – это цвет минерала в порошке. Некоторые минералы в растертом состоянии имеют другой цвет, чем в образце. Для определения цвета черты минералом проводят по неглазурованной (матовой) стороне фарфоровой пластинки (бисквите) и определяют цвет порошка, оставленный минералом на шероховатой поверхности бисквита (смотрят на бисквит). Минералы с высокой твердостью (выше 4) черты на бисквите не дают.

Цвет черты может совпадать с цветом самого минерала, но может и существенно отличаться. Например, у азурита, малахита цвет черты соответствует цвету минерала; пирит имеет латунно-желтый цвет, а цвет черты – черный; гематит при часто проявляющейся черной окраске дает вишнево – красную черту и т. д. Полупрозрачные и прозрачные минералы, как правило, дают бесцветную или светлоокрашенную черту.

*Блеск* – это физическое свойство минерала, зависящее от показателя светопреломления, от характера отражающей поверхности, трещиноватости, включения посторонних частиц и т.п. Различают минералы с металлическим и неметаллическим блеском. По характеру и интенсивности *неметаллического блеска* выделяют стеклянный (горный хрусталь), шелковистый (асбест, селенит), перламутровый (кальцит, слюды), алмазный (алмаз, сфалерит), жирный (тальк), восковой (халцедон). Минералы с *металлическим блеском* могут обнаруживать цвета побежалости, и в таких случаях у них наблюдаются радужные переливы. Многие минералы вообще лишены блеска, на вид они тусклые, матовые.



*Прозрачность* – это способность минерала пропускать свет. По степени прозрачности тонких пластинок минералов выделяют: *прозрачные* (горный хрусталь, топаз, исландский шпат), *полупрозрачные* (халцедон, изумруд, киноварь), *непрозрачные* (пирит, галенит, магнетит) и *просвечивающие*.

*Спайность* – это свойство кристаллов раскалываться по определенным кристаллографическим направлениям с образованием ровных блестящих, часто параллельно повторяющихся плоскостей. Спайность зависит от строения кристаллической решетки, и ее плоскости проходят параллельно существующим или возможным граням кристаллов. Различается спайность по степени ее совершенства: *весьма совершенная* (слюды, гипс) – минерал очень легко расщепляется на тонкие пластинки; *совершенная* (ортоклаз, кальцит, флюорит, галенит) – кристалл раскалывается при легком ударе на мелкие правильные выколки по спайности (у галенита получаются выколки по кубу, у кальцита по ромбоэдру и т. д.); *несовершенная* (апатит, касситерит, сера) – спайность обнаруживается с трудом, изломы минерала в большинстве своем представляют неровные поверхности. У некоторых минералов спайность *отсутствует* (кварц, нефелин). Плоскости спайности от естественных граней отличаются тем, что естественную грань кристалла можно отбить, и она не повторится, а плоскости спайности можно получать многократно, пока позволяют размеры кристалла. Явление спайности объясняется кристаллическим строением вещества, благодаря чему силы скрепления в одних направлениях оказываются резко ослабленными по сравнению с другими.

*Излом* – это поверхность, получаемая при раскалывании минералов в направлениях, не совпадающих со спайностью. По характеру поверхности излома различают: *ровный* (халькопирит), *неровный* (хромит, апатит, полевопирит), *раковистый* (кварц, опал), *занозистый* (хризотил-асбест, селенит, гипс), *крючковатый* (золото, самородная медь), *зернистый* (магнетит, апатит), *ступенчатый* (ортоклаз, галенит), *землистый* (у землистых каолинит).

Под *твердостью* минерала понимают сопротивление, которое оказывает его поверхность при попытке поцарапать другим предметом. Существует несколько методов определения твердости минералов. Широко принята минералогическая шкала твердости Мооса, в которой представлены десять образцов с условным обозначением их твердости от 1 до 10.

Минерал-эталон	Балл твердости
тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$	1
гипс $CaSO_4 \times 2H_2O$	2
кальцит $CaCO_3$	3
флюорит $CaF_2$	4
апатит $Ca_5 [PO_4]_3 (F,Cl,OH,O)$	5
ортоклаз $K [AlSi_3O_8]$	6
кварц $SiO_2$	7
топаз $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$	8
корунд $Al_2O_3$	9
алмаз C	10

Кроме образцов шкалы Мооса для определения твердости можно пользоваться разными легко доступными предметами, твердость которых известна в цифрах Мооса. Так, например, ноготь имеет твердость, приблизительно, 2–2,5, медная монета – 3–4, железный гвоздь – 4–4,5, оконное стекло – 5, стальной нож или игла – 5–6, бисквит – 5,5–6, напильник – 7.

Определение твердости минералов с помощью предметов (минералов) с известной твердостью проводится следующим образом. В образце определяется ровный, неизменный однородный по составу и цвету участок, для которого установлен и назван цвет, цвет черты, блеск. Затем на этом участке острым концом эталонного минерала шкалы твердости или предметом производится царапина. Например, если известный минерал царапается кварцем (твердость 7) и не царапается ортоклазом (твердость 6), то твердость определяемого минерала – 6,5.

Если минерал пишет на бумаге, не царапая ее, твердость – 1; если минерал чертится ногтем, а сам не оставляет царапины на ногте, то твердость минерала, примерно или меньше 2. Если ноготь не оставляет царапины на минерале, но стальной нож своим кончиком легко чертит его без заметного усилия, то твердость минерала составляет 3. Если твердость минерала такова, что для получения царапины при помощи ножа надо применить небольшое усилие – твердость 4; если это усилие значительно, то твердость 5; если минерал чертится ножом при крайнем усилии –

твердость 5,5. Минералы с твердостью 6 и больше сами оставляют царапины на ноже и стекле. Минералы с твердостью более 6 сами будут царапать бисквит (5,5–6), поэтому проверять цвет черты у них лучше в порошкообразном виде.

У большинства минералов на различных сколах и гранях твердость является величиной более или менее постоянной. Однако, у некоторых минералов отмечается различие в величине твердости в зависимости от кристаллографического направления. Например, у дистена твердость на плоскости спайности вдоль удлинения кристалла составляет – 4, а поперек, на той же плоскости – 6. У кальцита твердость на гранях ромбоэдра (по спайности) – 3, а на гранях призмы – около 4.

Точное определение твердости (абсолютная твердость) проводится с помощью склерометра (твердометра). Алмазная пирамидка под действием определенной нагрузки вдавливается в полированную поверхность образца, а затем измеряется отпечаток, оставленный алмазом, и рассчитывается микротвердость в килограмм-силах на квадратный миллиметр.

Под *плотностью* минерала понимается масса вещества, отнесенная к массе равного объема воды. Плотность минерала зависит от химического состава и структуры вещества. Природные минералы имеют плотность от 0,6 до 23 г/см<sup>3</sup>. Точное определение плотности производится в лабораторных условиях. По плотности минералы разделяются на четыре группы: легкие – до 2,5 г/см<sup>3</sup> (гипс), средние – от 2,5 до 4 г/см<sup>3</sup> (кальцит, кварц), тяжелые – 4–10 г/см<sup>3</sup> (пирит, галенит), очень тяжелые – 10–23 г/см<sup>3</sup> (серебро, золото). Приблизительное определение плотности можно произвести взвешиванием на ладони, но для этого надо, чтобы образец был достаточно крупным и состоял только из одного минерала.

*Прочие свойства.* Для некоторых минералов характерны особые, только им присущие свойства. К ним относятся магнитность, штриховка на гранях, люминесценция, радиоактивность, ковкость, хрупкость, гибкость, горючесть, запах, растворимость в воде и кислотах, вкус, шероховатость, жирность.

*Магнитность* свойственна минералам, содержащим Fe, Mn, Co, Ni. Лишь немногие минералы обладают сильной магнитностью, благодаря которой они могут притягивать железные опилки, булавки, небольшие гвоздики. Этим свойством обладают магнетит, никелистое железо, ферроплатина. В виде маленьких зерен они сами притягиваются даже намагниченным перочинным ножом или магнитом, а в крупных кусках отклоняют магнитную стрелку компаса, если поводить над ней образцом.

*Люминесценция* – это свойство многих минералов светиться под влиянием различных внешних воздействий: при нагревании, освещении ультрафиолетовыми лучами, при царапании, разламывании и т.д.

*Ковкие* минералы при ударе молотком сплющиваются и закругляются по краям, в то время как *хрупкие* при ударе рассыпаются на мелкие куски. При царапании ножом хрупких минералов образуется порошок, при царапании ковких порошка не образуется и на поверхности остается блестящий след.

Слюды обладают *гибкостью* и *упругостью*, которая проявляется при сгибании листочков минерала.

*Горючесть* и *запах* свойственны немногим минералам, но эти признаки позволяют их выделить среди похожих по внешним признакам. Самородная сера, некоторые сернистые минералы и органические вещества (янтарь) при нагревании легко загораются, издавая характерные запахи; иногда запах начинает ощущаться при выбивании искр. Запах сернистого газа характерен для пирита и марказита, чесночный запах мышьяка – для арсениопирита и других арсенидов. Есть минералы, пахнущие при трении (запах «горелой кожи» при трении друг о друга желваков фосфорита), другие – при смачивании водой (запах «печки» влажного каолинита). Запах других минералов (карбонаты, кварц, флюорит и др.) может быть следствием случайно захваченных минералом пахучих веществ. В этом случае запах имеет генетическое значение, указывая на какие-то особые условия образования минерала.

Минералы отличаются различной степенью *растворимости*, например: галит, сильвин, карналлит и др. легко растворяются в воде. Большинство минералов, легко растворяющихся в воде, имеют вкус (необходимо слегка пробовать языком и сравнивать вкусовые ощущения). Минералы, имеющие в своем составе углекислые соли, под действием соляной кислоты (10% раствор) выделяют в виде пузырьков углекислый газ (такое же действие оказывает уксусная кислота) – минерал как бы «вскипает». Особенно хорошо растворяются в кислотах кальцит, доломит, малахит, азурит, магнезит, сидерит.

*Шероховатость*, *жирность* воспринимаются от минерала на ощупь: каолинит – жирный, мажущий; тальк – жирный; лимонит – шероховатый, жесткий, песчанистый.

В зависимости от условий образования и свойств самого минерала образуются агрегаты различного внешнего вида и строения. Можно различать *агрегаты*:

- а) мономинеральные, состоящие из одного минерала (мрамор);
- б) полиминеральные, состоящие из двух и более минералов (гранит);
- в) по величине зерен слагающих минералов – равномерно- и неравномерно-зернистые.

По *величине зерен* различаются:

- грубозернистые – размер зерен более 20 мм;
- крупнозернистые – 10-20 мм;
- среднезернистые – 10-5 мм;
- мелкозернистые – 5-1 мм;
- скрытокристаллические – десятые доли миллиметра.

Одиночные кристаллы в природе наблюдаются редко. Крупные четко ограниченные разновидности представляют интерес для коллекционеров и минералогических музеев. Обычно кристаллы встречаются в виде сростков, т.е. минеральных агрегатов. Сростки, у которых близко-параллельные сросшиеся кристаллы располагаются на общем основании, называются *друзами*. *Щетка* образуется мелкими сростками кристаллов (менее 10 мм) на одном основании. Сросток из двух кристаллов, которые являются как бы зеркальным отображением друг друга, называется *двойником*.

Кристаллы, заполняющие крупную полость в горной породе, образуют *жеоду*. Рост кристаллов внутри жеоды происходит от стенок к центру. Если полость заполнена минеральным веществом полностью и имеет в поперечном разрезе концентрическое полосчатое строение, агрегат называется *секрецией*. Мелкие секреции радиусом до 10 мм в поперечнике называют *миндалинами*. Шаровидные радиально-лучистые агрегаты, формирующиеся за счет отложения минерального вещества от центра к периферии, называются *конкрециями* (стяжения).

*Оолиты* представляют собой округлые образования малых размеров (обычно не более 5 мм) скорлуповато-концентрического строения, образованные в водных средах или рыхлых осадочных породах (илах) вокруг взвешенных частиц – центров обрастания.

Формы, напоминающие веточки дерева, вследствие нарастания отдельных кристаллов друг на друга при быстрой кристаллизации в тонких трещинах или вязком веществе, называют *дендриты*.

*Натечные формы* представлены гроздевидными, почковидными или каплевидными радиально-лучистыми агрегатами, образованными в пустотах из коллоидных растворов.

Для очень многих минералов характерны *землистые агрегаты* – рыхлые землистые скопления, возникающие при выветривании горных пород и руд. Землистые массы желтого и бурого цвета называют охристыми, черного – сажистыми.

Периодически в течение года на поверхности пород, почв, стенках трещин появляются пленки и корочки, сложенные хорошо растворимыми в воде минеральными видами, т.е. *выцветы*.

В природных условиях иногда встречаются минералы с совершенно несвойственными им кристаллическими формами. Возникают они в результате реакций замещения одного минерала другим с сохранением его внешней формы и называются такие образования *псевдоморфозы*.

При макроскопическом исследовании рекомендуется применять все перечисленные свойства и признаки минералов в комплексе, только тогда возможно достоверное определение минерального образца.

### Контрольные вопросы:

1. Что изучает наука минералогия?
2. Что такое минерал, кристалл?
3. Какие физические свойства необходимо учитывать при макроскопическом определении минералов?
4. От чего зависит цвет минерала?
5. Как можно определить твердость минерала, используя подручные средства?
6. Назовите минералы шкалы твердости Мооса.
7. Что такое спайность минерала и какие виды спайности различают?
8. Какие особые свойства минералов помогают и в их диагностике?
9. Чем отличается конкреция от секреции?
10. Что такое псевдоморфоза и при каких условиях она образуется?
11. Что такое друза, щетка и двойник?

## Глава 3. Описание минералов

Описание и изучение минералов предполагает определение, в первую очередь, их физических свойств, кристаллического строения и химического состава. При этом используют очень широкий спектр физических и химических методов исследования.

Некоторые минералы были известны на самых ранних этапах человеческой истории; самое древнее описание минералов относится к 500 г. до н.э.; становление минералогии как науки относится к XVII в.

### 3.1. Классификация минералов

В минералогии применяется *кристаллохимический принцип классификации*, учитывающий химический состав и структуру минералов. С этими признаками связаны важнейшие физические и химические свойства, позволяющие распознавать минералы.

Природные минеральные образования можно разделить на две группы: неорганические минералы и органические минералы, представленные различными соединениями углерода.

По упрощенной классификации с учетом химического состава выделяют следующие типы (группы) среди неорганических минералов: I. Самородные элементы, II. Сернистые соединения и их аналоги (сульфиды, арсениды), III. Галоиды, IV. Оксиды и гидроксиды, Тип V. Кислородные соли. В свою очередь, в группах также на основе химизма определяют классы минералов, дальнейшее деление классов на подклассы осуществляется на структурной основе.

Помимо кристаллохимической классификации минералов наиболее распространенными являются генетическая, геохимическая и по практическому использованию.

*Генетическая классификация* основывается на способе образования (генезисе) минералов. При этом выделяют минералы магматические, пегматитовые, гидротермальные, гипергенные, осадочные, метаморфические и т.д. Некоторые минералы могут образоваться в ходе различных процессов.

*Геохимическая классификация* базируется на объединении минералов по основному химическому элементу в их составе. Так выделяют минералы железа, серы, кислорода и др. Вместе с тем существуют минералы, состоящие из нескольких элементов.

Классификация минералов *по практическому использованию* связана с их применением в хозяйственной деятельности человека в различных отраслях промышленности: горючие ископаемые, руды черных металлов, руды цветных металлов, руды редких металлов, драгоценные (благородные) металлы, агоруды, сырье для химической промышленности, огнеупоры и др.

#### Контрольные вопросы:

1. Назовите принцип классификации минералов в минералогии.
2. Что учитывает классификация минералов по практическому значению? Приведите примеры использования минералов в различных отраслях промышленности.
3. Назовите типы (группы) минералов в минералогии.
4. Что учитывает генетическая классификация минералов?

### 3.2. Тип I. Самородные элементы

Химические элементы, встречающиеся в природе в виде отдельных элементов (C, S, Si и др.) или, как в случае металлов, в виде сплавов с другими металлами (серебро с ртутью, железо с платиной и др.), называются самородными.

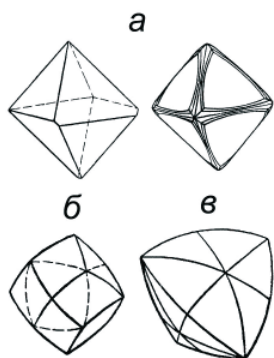
В самородном состоянии на Земле обнаружено около 80 химических элементов. Их содержание составляет, примерно, 0,1% от массы земной коры, встречаются они как в глубинных зонах Земли, так и на ее поверхности; имеют различное происхождение. Среди минеральных образований в самородном состоянии наиболее часто встречаются углерод, сера, золото, элементы платиновой группы и медь, значительно менее распространены железо, ртуть, мышьяк, сурьма (прил. 1, 2, 3, 4).

**Алмаз** – C. Название дано Плинием в 77 г.н.э. и происходит от искаженного греческого слова «адамас» – непреодолимый, за его твердость и предполагавшуюся неразрушимость. **Бриллиант** – искусственно ограненный алмаз; **борт** – неправильной формы мелкозернистые сростки; **баллас** –



шаровидный алмаз, радиально-лучистого строения; **карбонадо** – черного, серого цвета, плотный или тонкозернистый.

Сингония – кубическая; кристаллы в виде октаэдров (комбинация двух тетраэдров), ромбических додекаэдров и др. (рис. 12) часто округлые, размер кристаллов от микроскопических до 3000 карат (1 карат = 0,2 г).



цвет: от бесцветного до почти черного, черного через белые, голубые, зеленые, желтоватые, дымчато-серые тона, нередко прозрачный;  
блеск: сильный алмазный до металлического (**карбонадо**);  
твердость: 10;  
спайность: совершенная, излом раковинистый;  
плотность: 3.5 г/см<sup>3</sup>

Рис. 12. Кристаллы алмаза октаэдрического (а), ромбо-додэкаэдрического (б), тетраэдрического (в) облика

Прочие свойства: хрупкий, пропускает ультрафиолетовые и инфракрасные лучи; не проводит электричество; в ультрафиолетовых и катодных лучах светится голубым или желтым цветом; при сильном накаливании в присутствии кислорода сгорает в углекислый газ; не растворим в кислотах и щелочах.

Диагностические признаки: сильный блеск, высокая твердость (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: магматическое, связанное с ультраосновными породами (кимберлиты); экзогенное (россыпи); в метеоритах.

Применение: алмазы подразделяются на ювелирные и технические. К первым относятся прозрачные, бесцветные или слабо окрашенные разновидности более или менее крупных размеров; к техническим – темноокрашенные разновидности и алмазы мелких размеров.

**Графит** – С. Название произошло от греческого слова «пишу», что указывает на использование минерала в качестве карандашного грифеля, и введено в 1789 г. Вернером. **Клифтонит** – графит кубической сингонии, обнаружен в метеоритах.

Сингония – гексагональная. Кристаллы в виде шестиугольных табличек (рис. 13) встречается редко, обычно – сплошные чешуйчатые, плотные или землистые массы, включения.



цвет: железно-черный, стально-серый;  
цвет черты: черный;  
блеск: металловидный, жирный или матовый;  
твердость: 1-2;  
спайность: весьма совершенная;  
плотность: 2.2 г/см<sup>3</sup>

Рис. 13. Кристалл графита

Прочие свойства: при нагревании с селитрой дает вспышку; кусочек цинка, помещенный на поверхности графита и смоченный каплей медного купороса, выделяет пятно меди (отличие от молибденита).

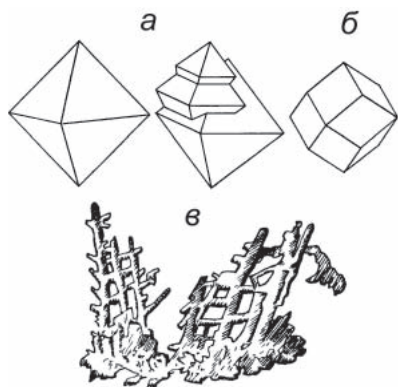
Диагностические признаки: пачкает руки и пишет на бумаге, жирен на ощупь; больше всего похож на молибденит, от которого отличается: 1. отсутствием голубоватого оттенка; 2. более низкой плотностью; 3. черной без серебристого оттенка чертой и без зеленоватого оттенка после растирания (прил. 1, табл. 2).

Происхождение: магматическое, пегматитовое и метаморфическое, отмечается в железных метеоритах.

Применение: графит используется очень широко, главным образом, в металлургической промышленности, электропромышленности, при изготовлении космической техники.

**Золото** – Au. Название, вероятно, произошло от корня «сол», входящего в состав слова «солнце». *Электрум* содержит от 15 до 50% серебра; *медистое золото* (купроаурит) содержит до 20% меди.

Сингония – кубическая; кристаллы в форме октаэдров редки (рис. 14), чаще проявляются пластинчатые или вытянутые в виде проволоки индивиды, листочки, чешуйки, зерна и крупные самородки.



цвет: золотисто-желтый;  
 цвет черты: золотисто-желтый;  
 блеск: металлический;  
 твердость: 2.5-3;  
 спайность: отсутствует, излом крючковатый;  
 плотность: 15.6–19.3 г/см<sup>3</sup>

Рис. 14. Октаэдрические (а), ромбододекаэдрические (б) кристаллы золота и дендриты золота (в)

Прочие свойства: ковкость (золото можно расплющить до толщины 0.00008 мм); тягучесть; растворяется только в царской водке (3HCl:1HNO<sub>3</sub>).

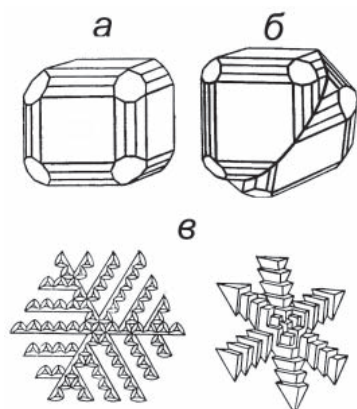
Диагностические признаки: цвет, цвет черты, блеск, средняя твердость. Самородное золото можно спутать с пиритом, особенно мелкозернистые вкрапления (прил. 1, табл. 3). Отличие – у пирита твердость более высокая (6–6.5) и цвет черты черный.

Происхождение: гидротермальное, экзогенное (в россыпях).

Применение: валютный металл, в ювелирном деле, в химии, медицине, в электронной промышленности и радиотехнике.

**Медь** – Cu. Название металлу дано Плинием в 77 г. н.э. от греческого названия о. Кипр («Кипрус»), где была найдена медь.

Сингония – кубическая; редко хорошие кристаллы кубического, кубооктаэдрического габитуса (рис. 15). Характерны плоские и объемные дендриты, пластины, плотные сплошные и тонкозернистые порошковатые массы, мелкие вкрапленники, крупные самородки.



цвет: медно-красный;  
 цвет черты: медно-красный;  
 блеск: металлический;  
 твердость: 2.5-3;  
 спайность: отсутствует, излом крючковатый;  
 плотность: 8.5-8.9 г/см<sup>3</sup>

Рис. 15. Гексаоктаэдрические (а) кристаллы, двойники (б), самородковой меди и дендриты (в)

Прочие свойства: ковкость.

Диагностические признаки: медь легко растворяется в HNO<sub>3</sub>, образуя раствор голубого цвета; обычно покрыта коричнево-красными, зелеными, голубыми, черными вторичными продуктами изменения (прил. 1, табл. 4).

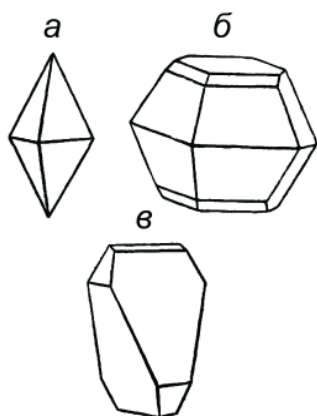


Происхождение: гидротермальное, экзогенное (при окислении медных растворов).

Применение: в электротехнике, машиностроении, приборостроении; входит в состав сплавов (бронза, латунь, мельхиор).

**Сера** – S. Происхождение названия неясно. **Волканит** – селенистая сера (до 5% Se) оранжево-красного, красно-бурого цвета.

Сингония – ромбическая. Кристаллы пирамидальные, боченковидные (рис. 16), часты сростки. Агрегаты сплошные грубозернистые, плотные, иногда землистые, встречаются гроздевидные и почковидные выделения, порошковатые налеты.



цвет: желтый, при выветривании становится серым или бурым, вплоть до черного;  
цвет черты: светло-желтый;  
блеск: жирный до алмазного;  
твердость: 1.5–2.0;  
спайность: несовершенная, излом раковистый, неровный;  
плотность: 2.1 г/см<sup>3</sup>

Рис. 16. Кристаллы серы пирамидального (а), усеченно пирамидального (б) и сфеноэдрического (в) облика

Прочие свойства: очень хрупкая; электризуется при трении; загорается от спички и горит голубым пламенем, при этом образуется сернистый газ с удушливым запахом; растворяется в сероуглероде и керосине.

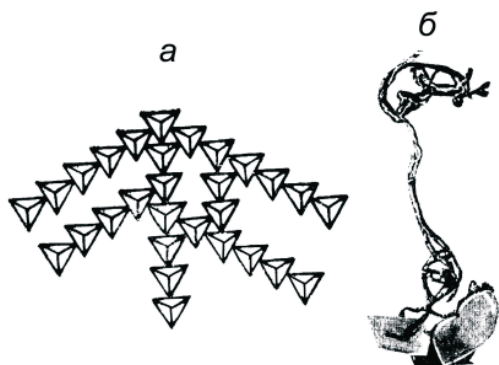
Диагностические признаки: цвет, блеск, способность загораться от спички (прил. 1, табл. 3).

Происхождение: экзогенное и вулканическое. Экзогенное: в результате разложения гипса битуминозными водами; при разложении сернистых соединений неорганическим способом в зоне окисления; продукт жизнедеятельности организмов (серобактерий). Вулканическое: при разложении сернистых паров и газов.

Применение: широко используется в химической промышленности, резиновой, в производстве пороха, спичек и красок, в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями растений.

**Серебро** – Ag. Название слова происходит от славянского «серп» (луна). В зависимости от примесей выделяют **кюстелит** (1–2% Au), **конгсбергит** (60% Hg), **мошеландсбергит** (до 70% Hg), **анимикит** (до 11% Sb), **алларгентум** (до 8–15% Sb).

Сингония – кубическая; правильные кристаллы кубического или кубооктаэдрического габитуса встречаются редко (рис. 17), чаще в виде листочков, пластинок, чешуек и дендритных сростков, встречаются крупные самородки.



цвет: серебристо-белый;  
цвет черты: белый;  
блеск: металлический;  
твердость: 2.5–3;  
спайность: отсутствует, излом крючковатый;  
плотность: 8.5–8.9 г/см<sup>3</sup>

Рис. 17. Дендрит (а), «проволочное» (б) самородное серебра на кристаллах кальцита

Прочие свойства: ковкость.

Диагностические признаки: цвет, излом, ковкость, характерны вторичные продукты с поверхности минерала в виде черных пленок или красновато-коричневой побежалости (прил. 1, табл. 1). Серебро легко растворяется в  $\text{HNO}_3$ , при добавлении  $\text{NaCl}$  образуется белый творожистый осадок  $\text{AgCl}$ . Платина отличается повышенной твердостью (4–4.5), плотностью (15–19 г/м<sup>3</sup>) и тем, что не растворяется в кислотах.

Происхождение: гидротермальное; экзогенное (при разложении серебряных соединений, в зоне окисления сульфидных месторождений).

Применение: в сплавах с медью для серебряных изделий, монет, для получения химических соединений и др.

### 3.3. Тип II. Сернистые соединения и их аналоги

К минералам этой группы относятся природные сернистые, а также мышьяковистые, сурьмянистые, селенистые и теллуристые соединения металлов. Сернистые соединения (сульфиды) резко преобладают и составляют, примерно, 0.15% от массы земной коры. Общее количество сульфидов около 300.

Происхождение основной массы сульфидов – гидротермальное, для некоторых – магматическое. В поверхностных условиях сульфиды большей частью неустойчивы, более или менее легко выветриваются и образуют вторичные минералы – карбонаты, сульфаты, оксиды и гидрооксиды, силикаты.

Почти все сульфиды имеют важное народнохозяйственное значение, образуя руды цветных и черных металлов (прил. 1, 2, 3, 4).

**АНТИМОНИТ** (сурьмяный блеск, стибнит) –  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ .

Сингония – ромбическая. Кристаллы призматические со штриховкой вдоль удлинения (рис. 18), агрегаты часто радиально-лучистые, шестоватые и тонкоигольчатые до волокнистых, иногда сферолиты и плотные зернистые массы.

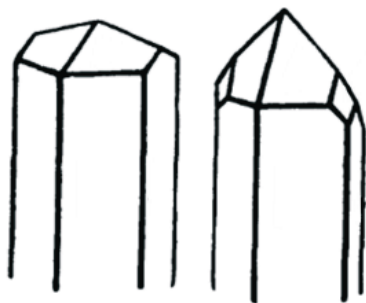


Рис. 18. Кристаллы антимонита

цвет: свинцово-серый, слегка голубоватый, часто голубовато-синяя или радужная побежалость;  
цвет черты: черный;  
блеск: металлический;  
твердость: 2;  
спайность: совершенная по длине кристаллов;  
плотность: 4.6 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: хрупкий; под действием КОН антимонит сначала желтеет, а затем становится красным, после стирания раствора остается красное пятно. Антимонит полностью растворяется в  $\text{HCl}$  с выделением  $\text{H}_2\text{S}$ .

Диагностические признаки: голубоватый оттенок цвета, игольчатые кристаллы со штриховкой (прил. 1, табл. 2).

Происхождение: гидротермальное, отмечается среди возгонов вулканов и отложений горячих источников.

Применение: источник сурьмы.

**Арсенопирит** (мышьяковый колчедан) –  $\text{FeAsS}$ . Название дано Глоккером в 1847 г. при сокращении термина «мышьяковистый пирит».

Сингония – моноклинная. Кристаллы столбчатые, игольчатые с резкой продольной штриховкой (рис. 19). Плотные мелкозернистые массы, агрегаты с шестоватой радиально-лучистой структурой.

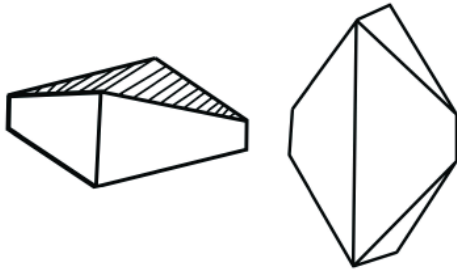


Рис. 19. Кристаллы арсенипирита

цвет: от оловянно-белого до стально-серого, иногда с желтой побежалостью;  
 цвет черты: серовато-черный, иногда с бурым или слабо фиолетовым оттенком;  
 блеск: металлический;  
 твердость: 5.5-6;  
 спайность: совершенная;  
 плотность: 6.2 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: при ударе или истирании издает характерный «чесночный» запах.

Диагностические признаки: цвет, желтая побежалость (прил. 1, табл. 2).

Происхождение: гидротермальное, контактово-метасоматическое.

Применение: основная руда на мышьяк.

**Аурипигмент** –  $As_2S_3$ . Название дано Валлериусом в 1747 г. от латинского слова «аурум» – золото и «пигмент» – цвет, за золотисто-желтую окраску.

Сингония – моноклинная. Кристаллы обычно мелкие и плохо образованы (рис. 20), чаще зернистые массы, порошокватые и зернистые скопления, налеты.

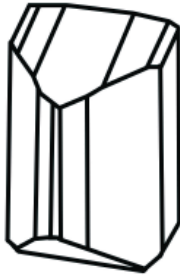


Рис. 20. Кристалл аурипигмента

цвет: золотисто-желтый, оранжевый;  
 цвет черты: желтый;  
 блеск: жирный до алмазного, на плоскостях спайности – перламутровый;  
 твердость: 1.5-2;  
 спайность: весьма совершенная в одном направлении;  
 плотность: 3.5 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: листочки гибкие, но не упругие; под действием света аурипигмент становится светло-оранжевым и рассыпается в порошок.

Диагностические признаки: неметаллический блеск, цвет, цвет черты, низкая твердость (прил. 1, табл. 3).

Происхождение: гидротермальное и вулканогенное.

Применение: мышьяковая руда.

**Галенит** (свинцовый блеск) – Pb. Название дано Плинием в 77 г. н. э. по латинскому названию «свинцовая руда» или «окалина» (галена), которая остается после выплавки свинца. **Свинчак** – плотный галенит, матовый.

Сингония – кубическая; кристаллы кубического, кубооктаэдрического габитуса, редко пластинчатые и столбчатые (рис. 21), обычны сплошные массы от крупно- до мелкозернистых, вкрапления.

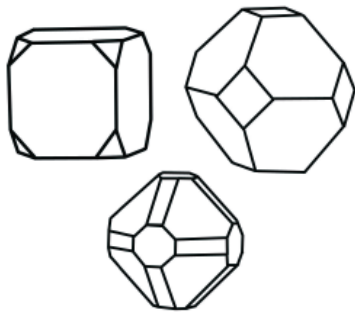


Рис. 21. Кристаллы галенита

цвет: свинцово-серый;  
 цвет черты: свинцово-серый до черного;  
 блеск: металлический;  
 твердость: 2-3;  
 спайность: совершенная в трех направлениях по граням куба;  
 плотность: 7.5 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: хрупкий, при ударе распадается на мелкие кубики и образует ступенчатые уступы.

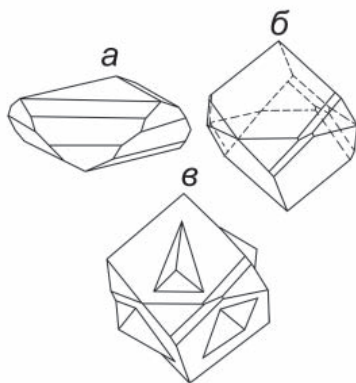
Диагностические признаки: блеск, средняя твердость, цвет, совершенная спайность (прил. 1, табл. 2). От похожих на него молибденита и антимонита отличается повышенной твердостью и поэтому не пишет на бумаге; от самородной платины – наличием спайности.

Происхождение: гидротермальное, редко пневматолитовое, иногда образуется в контактовых зонах известняков и доломитов с магмой.

Применение: галенит – основная руда для получения свинца; из разновидностей, богатых примесями серебра, извлекается серебро.

**Киноварь** –  $\text{HgS}$ . Происхождение названия имеет долгую историю, которую можно проследить от персидского слова, означающего «кровь дракона», за красный цвет. Впервые минерал назван Теофрастом около 315 г. до н. э. **Печенковая руда** – киноварь темного цвета, содержит глину и битуминозные вещества, образует плотные, иногда скорлуповатые массы.

Сингония – тригональная. Кристаллы толстотаблитчатые (редки) (рис. 22). Обычно слагает плотные, зернистые или сливные агрегаты, налеты, вкрапления.



цвет: от красного до буровато-красного, с поверхности постепенно темнеет;  
цвет черты: красный;  
блеск: алмазный (кристаллы), металлический (плотные мелкокристаллические агрегаты), тусклый (землистые агрегаты);  
твердость: 2-2.5;  
спайность: совершенная;  
плотность: 7.7–8.2 г/см<sup>3</sup>

Рис. 22. Кристаллы: а – одиночный кристалл; б – двойник срастания; в – комбинированный двойник срастания и прорастания

Прочие свойства: растворяется только в царской водке. При осторожном нагревании порошка с содой или железными опилками в колбочке дает капли ртути.

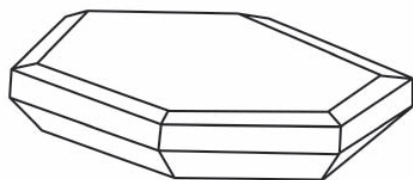
Диагностические признаки: цвет, цвет черты, низкая твердость, высокий удельный вес (прил. 1, табл. 4).

Происхождение: гидротермальное, экзогенное (в россыпях).

Применение: важнейшая руда ртути.

**Молибденит** (молибденовый блеск) –  $\text{MoS}_2$ . Название минерала произошло от древнегреческого «молибдос» – свинец, из-за сходства по внешнему виду со свинцом.

Сингония – гексагональная. Кристаллы шестиугольные, пластинчатые (редки) (рис. 23), часто чешуйчатые, листоватые или таблитчатые агрегаты.



цвет: свинцово-серый с голубоватым оттенком;  
цвет черты: голубовато-серый;  
блеск: металлический;  
твердость: 1;  
спайность: весьма совершенная в одном направлении  
плотность: 5 г/см<sup>3</sup>

Рис. 23. Кристалл молибденита

Прочие свойства: пишет на бумаге, оставляя голубоватую черту (отличие от графита).

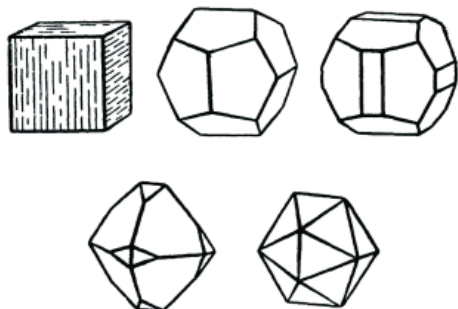
Диагностические признаки: цвет, цвет черты, низкая твердость (прил. 1, табл. 2).

Происхождение: гидротермальное, магматическое, метасоматическое.

Применение: молибденовая руда.

**Пирит** (серный колчедан, железный колчедан) –  $\text{FeS}_2$ . Название дано в 50-е г. н. э. и происходит от греческого слова «пир» – огонь, за то, что дает сверкающие искры при ударе стальным предметом.

Сингония – кубическая. Часто образует совершенные кристаллы. Преобладают кубы с характерной штриховкой на гранях (рис. 24). Обычны сплошные зернистые массы.



цвет: латунно-желтый;  
 цвет черты: черный;  
 блеск: металлический;  
 твердость: 6-6.5;  
 спайность: отсутствует;  
 плотность: 5 г/см<sup>3</sup>

Рис. 24. Кристаллы пирита

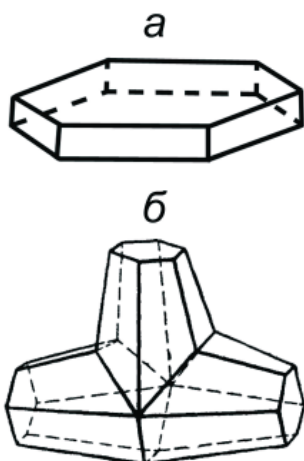
Диагностические признаки: блеск, цвет, цвет черты (у халькопирита с зеленоватым оттенком), повышенная твердость (халькопирит не царапает стекло) (прил. 1, табл. 2).

Происхождение: гидротермальное, магматическое, пневматолитовое, контактово-метасоматическое, метаморфическое, осадочное.

Применение: основное сырье для получения серной кислоты.

**Пирротин** (магнитный колчедан) –  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ . Название дано Брейтгауптом в 1835 г. от греческого слова «краснота», за яркость окраски. Состав минералов семейства пирротина  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$  заключен в пределах от  $\text{FeS}$  – **троилит** (гексагональная сингония) до  $\text{Fe}_7\text{S}_8$  – **клинопирротин** (моноклинная сингония).

Сингония – гексагональная. Кристаллы редки, они бывают пластинчатыми, таблитчатыми или столбчатыми (рис. 25); обычно сплошные зернистые массы и вкрапленники.



цвет: бронзово-желтый с бурой побежалостью;  
 цвет черты: темно-серый до черного;  
 блеск: металлический;  
 твердость: 4;  
 спайность: несовершенная, излом неровный до полураковистого;  
 плотность: 4.6-4.7 г/см<sup>3</sup>

Рис. 25. Кристаллы пирротина:  
 а – таблитчатой формы,  
 б – двойник

Прочие свойства: магнитен, но не всегда; хрупкий.

Диагностические признаки: цвет и часто устанавливаемые магнитные свойства (прил. 1, табл. 2).

Происхождение: магматическое, гидротермальное, контактово-метаморфическое (в скарнах).

Применение: сырье для производства серной кислоты; при повышенном содержании никеля является рудой на никель.



**Реальгар** –  $As_4S_4$ . Название дано Валлериусом в 1747 г. как производное от арабского «рудный порошок» или шахтная пыль.

Сингония – моноклинная. Кристаллы мелкие (рис. 26), встречаются в виде друз; иногда зернистые, плотные, землистые, порошковатые массы и тонкие налеты, корки.

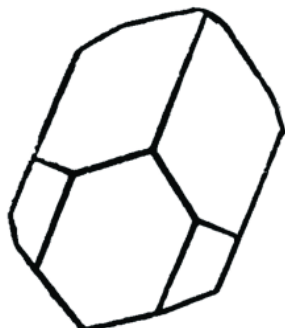


Рис. 26. Кристалл реальгара

цвет: ярко-красный, оранжево-красный;  
цвет черты: оранжево-красный;  
блеск: стеклянный до жирного;  
твердость: 1.5-2;  
спайность: совершенная;  
плотность: 3.5 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: растворяется в едких щелочах; соляная кислота из растворов выделяет лимонно-желтые хлопья; разрушается на свету с образованием  $As_2S_3$  и  $As_2O_3$ .

Диагностические признаки: цвет, блеск, низкая твердость (прил. 1, табл. 3). От киновари отличается более светлым цветом, низкими твердостью, плотностью, более слабым блеском.

Происхождение: гидротермальное и вулканогенное.

Применение: мышьяковая руда.

**Сфалерит** (цинковая обманка) –  $ZnS$ . Название произошло от греческого слова «предательский» или «непостоянный» за то, что минерал часто принимали за галенит, но он не содержал свинца. **Клейофан** – светлый, прозрачный сфалерит желтого цвета; **марматит** – темный сфалерит, содержащий железо; **печенковая** или **скорлуповатая обманка** – скрытокристаллические разновидности; **гумучионит** – малиново-красного, красноватого цвета; почковидный, содержит реальгар, **брункит** – землистый.

Сингония – кубическая; кристаллы кубической сингонии (рис. 27) обычно искажены, сплошные зернистые (таблитчатые) массы, вкрапления.

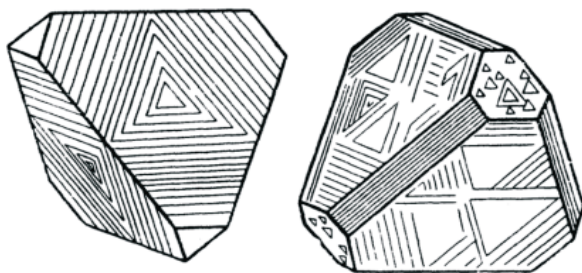


Рис. 27. Кристаллы сфалерита

цвет: желтый, красноватый, бурый, темно-серый, черный;  
цвет черты: все оттенки коричневого (от бледно-желтого до бурого);  
блеск: алмазный, у темно-окрашенных разновидностей металловидный;  
твердость: 3.5-4;  
спайность: совершенная в шести направлениях по граням ромбического додекаэдра;  
плотность: 4 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: некоторые разновидности (светлые) люминесцируют при разламывании или царапании иглой в темноте.

Диагностические признаки: сильный блеск, средняя твердость, цвет черты (у галенита – свинцово-серый), совершенная спайность (прил. 1, табл. 3).

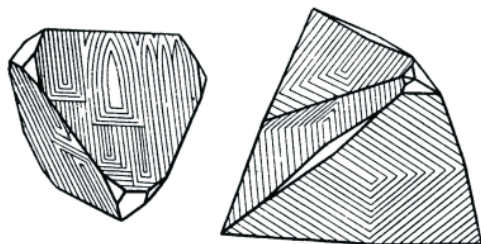
Происхождение: гидротермальное.

Применение: сфалерит добывают для получения цинка, кроме того, из него извлекают индий, кадмий и другие примеси.

**Халькопирит** (медный колчедан) –  $CuFeS_2$ . Название дано Генкелем в 1725 г. от греческих слов «халькос» – медь и «пиритес» – пирит, минерал, сходный по виду с пиритом.

Сингония – тетрагональная. Кристаллы довольно редки – слегка удлинённые или изометрические, тетраэдрического габитуса (рис. 28); двойники. Обычно сплошные массы и вкрапления в виде зерен, могут быть псевдоморфозы по кристаллам пирита, магнетита.





цвет: латунно-желтый, часто с синей или пестрой побежалостью;  
 цвет черты: зеленовато-черный;  
 блеск: металлический;  
 твердость: 3-4;  
 спайность: отсутствует;  
 плотность: 4.2 г/см<sup>3</sup>

Рис. 28. Кристаллы халькопирита

Прочие свойства: растворяется в азотной кислоте с образованием раствора зеленого цвета.  
 Диагностические признаки: постоянный металлический блеск, цвет, радужная побежалость, цвет черты (черта у золота – золотисто-желтая) (прил. 1, табл. 2).  
 Происхождение: гидротермальное, пневматолитовое, магматическое, контактово-метасоматическое, осадочное («медистые песчаники»);  
 Применение: основная руда для получения меди.

### 3.4. Тип III. Галоиды

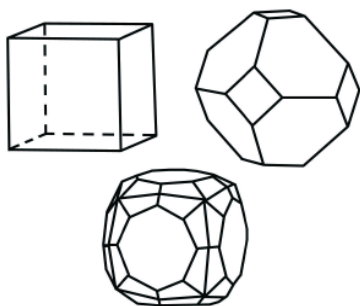
К типу галоидов относятся около 100 минералов, представляющие собой соли кислот HF, HCl, HBr, HI. Эти минералы слагают, примерно, 0,5% массы земной коры. Наибольшим распространением пользуются фтористые (фториды) и хлористые (хлориды) соединения, остальные встречаются реже.

Фториды обычно генетически связаны с магматической деятельностью и являются продуктами гидротермальной или пневматолитовой стадий и значительно реже встречаются осадочного происхождения. Хлориды в основном имеют осадочное происхождение и являются главными минералами соленосных толщ.

Все галоиды широко используются в химической промышленности, а также в металлургии, пищевой отрасли и пр. (прил. 1, 2, 3, 4).

**Флюорит** (плавиковый шпат) – CaF<sub>2</sub>. Название дано Агриколой в 1529 г. в форме «флюорес» от латинского слова «течь», т.к. минерал легко плавится и используется как флюс.

Сингония – кубическая. Кристаллы кубического, октаэдрического и додекаэдрического облика (рис. 29), двойники. Чаще наблюдается в виде вкраплений и сплошных зернистых, реже земляных масс (*ратовкит*).



цвет: желтый, зеленый, голубой, фиолетовый, иногда фиолетово-черный, бесцветный, и водяно-прозрачный;  
 цвет черты: белый;  
 блеск: стеклянный;  
 твердость: 4;  
 спайность: совершенная по октаэдру;  
 плотность: 3.2 г/см<sup>3</sup>

Рис. 29. Кристаллы флюорита

Диагностические признаки: форма кристаллов, октаэдрическая спайность, слабый слегка тусклый стеклянный блеск, небольшая твердость (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: гидротермальное, осадочное.

Применение: в металлургии, в химической промышленности.

**Галит** – NaCl. Название дано в 1847 г. Глокером по греческому слову, означающему «соль» или «море», поскольку галит образуется при испарении морской воды.

Сингония – кубическая. Облик кристаллов кубический (рис. 30). Агрегаты сплошные зернистые, плотные, листоватые, волокнистые, натечные; также отмечаются друзы, кристаллы и налеты.

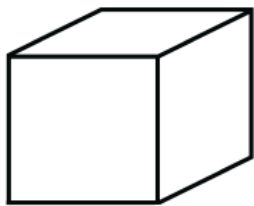


Рис. 30. Кристалл галита

цвет: бесцветный, белый, сероватый, розовый, красный, бурый, голубой, синий; нередко наблюдается различная окраска в одном образце;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный, на поверхностях слегка выветрелых разновидностей жирный;  
твердость: 2;  
спайность: весьма совершенная по кубу;  
плотность: 2.1-2.2 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: гигроскопичен, легко растворим в воде, вкус соленый.

Диагностические признаки: низкая твердость, весьма совершенная спайность, растворимость в воде и соленый вкус раствора (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: осадочное (лагунный и озерный химический осадок).

Применение: в пищевой промышленности, в химической для получения соляной кислоты, хлора, соды, едкого натра и ряда солей; руда для получения металлического натрия и хлора, а также всех соединений этих элементов.

**Сильвин** – KCl. Название происходит от химического названия этого вещества – «пищеварительная соль Сильвиуса», голландского физика и химика из Лейдена.

Сингония – ромбическая. Облик кристаллов кубический (рис. 31); двойники. Обычно встречается в виде сплошных зернистых масс, иногда слоистой текстуры.

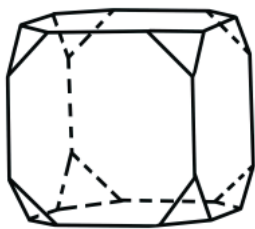


Рис. 31. Кристалл сильвина

цвет: молочно-белый; чистые разновидности водяно-прозрачные и бесцветные; розовый, красный;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный;  
твердость: 1.5-2;  
спайность: весьма совершенная в трех направлениях по кубу;  
плотность: 1.99 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: растворим в воде, вкус горьковато-соленый, жгучий, гигроскопичен.

Диагностические признаки: по перечисленным свойствам, от галита отличается по вкусу (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: осадочное (лагунный химический осадок), при вулканическом извержении (на стенках кратеров вулканов).

**Карналлит** –  $KMgCl_3 \cdot 6H_2O$ . Название дано Розе в 1856 г. в честь прусского горного инженера Р. фон Карналля.

Сингония – ромбическая. Кристаллы крайне редки; имеют псевдогексагональный облик (рис. 32). Обычно встречаются в сплошных зернистых массах.

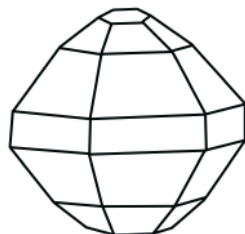


Рис. 32. Кристалл карналлита

цвет: бесцветный, красный, желтый; нередко чередуются серые, белые, красноватые и голубоватые цвета;  
цвет черты: белый;  
блеск: в свежем изломе стеклянный, на воздухе быстро тускнеет и становится жирным;  
твердость: 2-3;  
спайность: отсутствует;  
плотность: 1.6 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: необычайно гигроскопичен, легко расплывается на воздухе; вкус жгучий, горько-соленый. При растворении в воде издает слабый треск. Это явление обусловлено присутствием включений пузырьков газа, находящихся под большим давлением.

Диагностические признаки: по перечисленным свойствам (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: осадочное (лагунный химический осадок).

Применение: для получения калиевых соединений и магния.

### 3.5. Тип IV. Оксиды и гидроксиды

Минералы группы оксидов и гидроксидов представляют собой соединения химических элементов с кислородом, в гидроксидах присутствует гидроксил, или вода, или то и другое вместе. Более 40 химических элементов встречается на Земле в виде соединений этого типа.

Общая масса минералов оксидов и гидроксидов составляет около 17% всей массы земной коры, при этом большая часть представлена соединениями кремния (12,5%) и железа (4%). Из остальных сравнительно часто встречаются оксиды и гидроксиды алюминия, марганца, титана и хрома.

Оксиды и гидроксиды имеют различное происхождение, но большинство из них возникло в экзогенных условиях в верхних частях земной коры.

Многие из минералов данного типа имеют большую практическую значимость: как источник извлечения ценных элементов (Fe, Al, Ti, Mn, Cr, U, B); как особо твердые материалы для изготовления абразивных порошков (корунд, шпинель); как минеральное сырье с особыми свойствами, позволяющими использовать его в качестве пьезоэлектриков (кварц), генераторов лазерного излучения (корунд) (прил. 1, 2, 3, 4). К оксидам относятся многие ювелирные и поделочные камни разных классов – рубин, сапфир, горный хрусталь, аметист, цитрин, агат и др. (прил. 2).

**Гематит** (красный железняк) –  $Fe_2O_3$ . Название дано в 325 г. до н.э. Теофрастом и происходит от греческого слова «кровь». **Железный блеск (спекулярит)** – крупнокристаллическая разновидность черного, темного стально-серого цвета. **Железная слюдка** – листоватый, чешуйчатый гематит; хорошо выражена отдельность в одном направлении, цвет темный стально-серый, черный. **Мартит** – псевдоморфозы черного цвета по магнетиту. **Красная охра** (железная охра) – землистый, порошковатый гематит красного цвета. **Железная сметана** – чешуйчатый гематит, жирный на ощупь, мягкий, цвет вишнево-красный. **Железная роза** – сростки пластинок, напоминающие розу. **Красная стеклянная голова** – натечный гематит, радиально-лучистого строения, цвет черный с красноватым оттенком, поверхность блестящая.

Сингония – тригональная. Кристаллы ромбоэдрического или таблитчатого вида (рис. 34), также чешуйчатые и слюдоподобные образования, сплошные кристаллические массы.



Рис. 34. Кристаллы гематита

цвет: от черного с синеватым оттенком (в крупнокристаллических агрегатах) до ярко-красного (в скрытокристаллических агрегатах), иногда радужная побежалость; цвет черты: вишнево-красный, иногда коричневатый; блеск: от металлического до тусклого; твердость: 5-6; спайность: отсутствует; излом раковистый; плотность: 4.9-5.3 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: цвет, цвет черты (прил. 1, табл. 3).

Происхождение: метаморфическое, гидротермальное, экзогенное (при окислении и выветривании железосодержащих минералов – магнетита, лимонита, сидерита).

Применение: гематит – руда для получения железа. Красная охра используется как краска (железный сурик), а также для изготовления красных карандашей.

**Гётит** –  $HFeO_2$ . Название дал Ленц в 1806 г. в честь немецкого поэта и философа Гёте. **Буряя стеклянная голова** – почковидные натечные агрегаты с гладкой блестящей поверхностью.

Сингония – ромбическая. Кристаллы игольчатые или уплощенные редки (рис. 35), чаще сплошные мелкокристаллические до скрытокристаллических массы (плотные, пористые, ноздреватые, шлаковидные, порошковатые, землистые), известны оолиты, конкреции.



Рис. 35. Кристалл гётита

цвет: темный красно-бурый до почти черного, у мелкозернистых агрегатов – бурый до охристого; на поверхности натечков иногда радужная побежалость; цвет черты: от бурого с красноватым оттенком до оранжево-желтого; блеск: от алмазного, полуметаллического (у кристаллов) до тусклого или шелковистого (у агрегатов); твердость: 5-5.5; спайность: совершенная; плотность: 4.4 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: твердость, нерастворим в кислотах (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: гидротермальное, экзогенное (в составе бокситов).

Применение: боксит является основным источником алюминия; диаспор используется как огнеупорный и абразивный материал.

**Гиббсит** (гидраргиллит) –  $Al(OH)_3$ . Название дал Тори в 1822 г. в честь американского минералога Д. Гиббса.

Сингония – моноклинная. Кристаллические образования пластинчатого строения встречаются редко (рис. 36), обычно скрытокристаллические агрегаты от землистых до фарфоровидных, оолиты, червеобразные выделения, натечные образования.



Рис. 36. Кристалл гидраргиллита

цвет: кристаллический гиббсит – бесцветный, скрытокристаллический – белый, сероватый, розоватый, зеленоватый; цвет черты: белый; блеск: стеклянный до перламутрового на плоскостях спайности, тусклый в скрытокристаллических агрегатах; твердость: 2.5-3; спайность: весьма совершенная (слюдоподобная); плотность: 2.4 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: цвет, спайность (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: экзогенное (в составе бокситов); гидротермальное.

Применение: источник алюминия; используется в производстве искусственных абразивов, химикатов и огнеупорных материалов.

**Диаспор** –  $Al_2O_3$ . Название дано Гаюи в 1801 г. от греческого слова «диаспора» – рассеяние, из-за растрескивания на мелкие осколки при нагревании.

Сингония – ромбическая. Кристаллы пластинчатые (рис. 37), чешуйчатые, иногда сплошные листоватые массы.

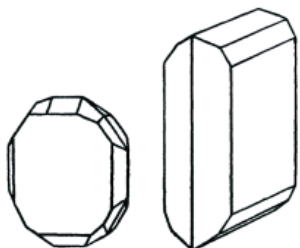


Рис. 37. Кристаллы диаспора

цвет: серый белый, желтовато-бурый, красновато-коричневый, красный, зеленый; цвет черты: белый; блеск: стеклянный, на плоскостях спайности – перламутровый; твердость: 6.5-7; спайность: совершенная; плотность: 3.3-3.5 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: твердость, нерастворим в кислотах (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: гидротермальное, экзогенное (в составе бокситов).

Применение: боксит является основным источником алюминия; диаспор используется как огнеупорный и абразивный материал.

**Ильменит** (титанистый железняк) –  $FeTiO_3$ . Название дано Купером в 1827 г. по Ильменским горам.

Сингония – тригональная. Кристаллы таблитчатые, пластинчатые (рис. 38). Агрегаты сплошные зернистые; вкрапленники в породе неправильных по форме зерен.

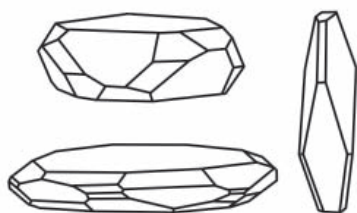


Рис. 38. Кристаллы ильменита

цвет: железо-черный, иногда со стально-серым или буроватым оттенком; в некоторых случаях синяя побежалость; цвет черты: черный до буровато-черного; блеск: металлический или полуметаллический; твердость: 5-6; спайность: отсутствует; излом раковистый; плотность: 4.8 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: слабо магнитен.

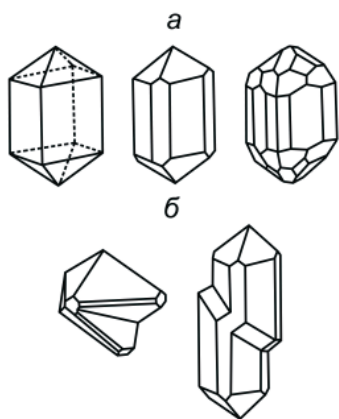
Диагностические признаки: цвет, блеск, от магнетита отличается меньшей магнитностью; от гематита – формой кристаллов, чертой; на ильмените часто развиваются ржавые налеты вторичных гидроксидов железа; корки, темно- или светло-желтого цвета (лейкоксен) (прил. 1, табл. 2).

Происхождение: магматическое, пневматолитовое, экзогенное (в россыпях).

Применение: основной источник титана.

**Касситерит** (оловянный камень) –  $\text{SnO}_2$ . Название дано Беданом в 1832 г. от греческого слова «олово». **Деревянистый касситерит** – натечный, имеет радиально-лучистое и концентрическое строение.

Сингония – тетрагональная. Кристаллы призматические, двойники характерной коленчатой формы (рис. 39). Агрегаты сплошные зернистые.



цвет: коричневый разных оттенков, серый, иногда черный; окраска может быть зональной, пятнистой;  
цвет черты: белый, слегка сероватый, желтоватый до темно-бурого;  
блеск: алмазный до полуметаллического, иногда тусклый;  
твердость: 6-7;  
спайность: отсутствует; излом от полураковистого до ровного, скорлуповатого (деревянистое олово);  
плотность: 7 г/см<sup>3</sup>

Рис. 39. Кристаллы (а) и двойники (б) касситерита

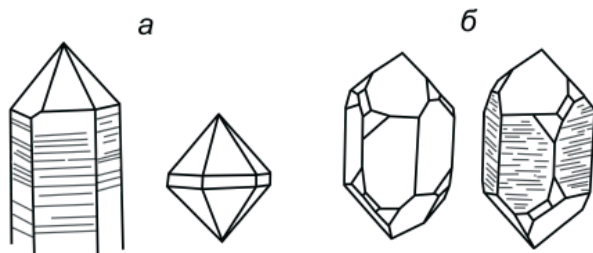
Диагностические признаки: двойники характерной коленчатой формы; от ильменита отличается по черте и по отсутствию магнитных свойств у касситерита; у вольфрамиты – совершенная спайность в одном направлении (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: пневматолитовое, гидротермальное.

Применение: руда на олово; из этих руд иногда извлекают Nb, Ta, W, In.

**Кварц** –  $\text{SiO}_2$ . Название происходит от немецкого слова «руда секущих жил». В древности кристаллы кварца рассматривались как особая форма льда. «Лед» по-гречески означает «кристаллос», отсюда, происхождение слов «горный хрусталь» и «кристалл». **Горный хрусталь** – бесцветные прозрачные кристаллы. **Цитрин** – лимонно-желтый, прозрачный. **Аметист** – фиолетовый, сиреневый, лиловый, малиновый, прозрачный. **Морион** – черный, непрозрачный. **Розовый кварц** – сплошной, зернистый. **Зеленый кварц** (празем). **Молочно-белый кварц** – непрозрачный. **Авантюрин** – мелкозернистый, желтого, бурого цвета с мерцающим отливом. **Соколиный глаз** – темно-синие параллельно-волокнистые агрегаты амфибола (крокидолита) и кварца. **Кварцевый кошачий глаз** – аналогичный агрегат зеленых волокнистых минералов (например, актинолита) и кварца.

Сингония – гексагональная. Кристаллы имеют сложную форму, основой которой является шестиугольная призма, оканчивающаяся ромбоэдрами (рис. 40). Агрегаты зернистые, плотные, в пустотах образуются кристаллы и их сростки.



цвет: от прозрачного до черного;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный, в изломе жирноватый;  
твердость: 7;  
спайность: отсутствует;  
плотность: 2.6 г/см<sup>3</sup>

Рис. 40. Кристаллы (а) и двойники (б) кварца



Диагностические признаки: неметаллический блеск, большая твердость (оставляет царапину на стекле), отсутствие спайности (прил. 1, табл. 1). Халцедон и опал отличаются восковым блеском и плотным строением. Для полевого шпата характерна совершенная спайность в двух направлениях.

Происхождение: магматическое (в кислых магматических породах), пегматитовое, пневматолитовое, гидротермальное, метаморфическое, экзогенное (при химическом и физическом разрушении кварцсодержащих пород); отмечается в метеоритах и лунных породах.

Применение: в электротехнике; оптическом приборостроении; телемеханике; автоматике; ювелирном и художественном деле.

**Корунд** –  $Al_2O_3$ . Название дано Гревиллем в 1789 г. от наименования минерала на санскрите «каурунтака». **Рубин** – красный, розовый, прозрачный. **Сапфир** – синий, голубой, прозрачный. **Наждак** – темный, непрозрачный, сплошной мелкозернистый (смесь корунда с магнетитом, гематитом, кварцем и др.) **Ориент-топаз** (восточный топаз) – желтый, прозрачный. **Ориент-изумруд** (восточный изумруд) – зеленый, прозрачный. **Ориент-аметист** (восточный аметист) – фиолетовый, прозрачный. **Лейкосапфир** – бесцветный.

Сингония – тригональная. Кристаллы бочонковидные (рис. 41), иногда мелкозернистые сплошные массы.

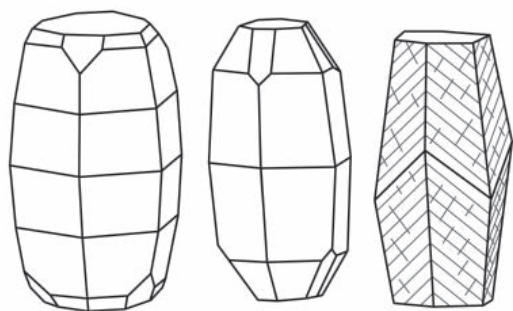


Рис. 41. Кристаллы корунда

цвет: бесцветный, голубовато-серый, голубой, синий, красный, розовый, реже желтый, зеленый, фиолетовый;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный до алмазного;  
твердость: 9;  
спайность: отсутствует, но часто наблюдается отдельность со штриховкой в трех направлениях;  
плотность: 4 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: неметаллический блеск, очень твердый (у граната твердость 6.5-7.5, у шпинели – 7.5-8), веретенообразная или бочонковидная форма кристаллов (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: магматическое, пегматитовое и контактово-метаморфическое.

Применение: в качестве абразивного материала; в ювелирном деле; синтетический корунд с присадками применяется в лазерах.

**Куприт** –  $Cu_2O$ . Название дано Гейдингером в 1845 г. по составу и происходит от латинского слова «купрум» – медь. **Халькотрихит** (медные цветы) – волосовидная разновидность куприта, представленная тонкими нежными кристалликами. **Кирпичная руда** – землистая разновидность с большим количеством лимонита.

Сингония – кубическая. Кристаллы часто в виде октаэдров (рис. 42), также отмечаются сплошные зернистые массы, налеты и охристые образования.



Рис. 42. Кристалл куприта

цвет: от кирпично-красного в землистых агрегатах до коричнево-красного в плотных агрегатах и темно-красного почти черного с синеватым оттенком в кристаллах;  
цвет черты: от красной до коричнево-красной;  
блеск: от алмазного до полуметаллического и тусклого в мелкозернистых массах;  
твердость: 3.5-4;  
спайность: ясная;  
плотность: 5.8-6.2 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: растворим в HCl.

Диагностические признаки: иногда похож на гематит и киноварь. Диагностика облегчается постоянной ассоциацией куприта с различными вторичными минералами меди – малахитом, азуритом и др., имеющими яркую зеленую или синюю окраску, с самородной медью; при растирании цвет черты изменяется от коричнево-красной до бурой и зеленой – в этом отличие минерала от оксидов и гидроксидов железа (прил. 1, табл. 4).

Происхождение: экзогенное (в зоне окисления медно-сульфидных месторождений).

Применение: полезный компонент медных руд; редкие прозрачные кристаллы используются как драгоценный камень. Синтетический порошковатый куприт используется в выпрямителях.

**Лимонит** (бурый железняк) –  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ . Лимонит представляет собой минеральную смесь гетита, гидрогетита, лепидокрокоита ( $FeO(OH)$ ), в которой один из этих минералов может преобладать, с оксигидратами и гидрооксидами Al, Mn, гелями гидроксидов Fe, Al, Mn, кремнеземом, глинистыми минералами. **Желтая охра (железная охра)** – землистый, порошковатый лимонит охряно-желтого цвета. **Бурая стеклянная голова** – натечные формы с гладкой блестящей поверхностью. **Бобовая руда** – шаровидные агрегаты. Агрегаты мелкозернистые или скрытокристаллические с землистыми, волокнистыми, оолитовыми, плотными, натечными формами выделений.

цвет: бурый, буровато-желтый, черный;  
цвет черты: бурый, желтовато-бурый;  
блеск: тусклый;  
твердость: 4-5.5;  
спайность: отсутствует; излом раковистый, занозистый или землистый;  
плотность: 3.3-4 г/см<sup>3</sup>

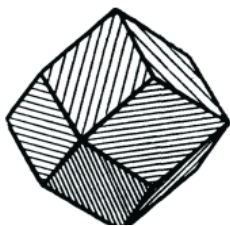
Диагностические признаки: цвет, блеск (прил. 1, табл. 3).

Происхождение: экзогенное.

Применение: вместе с другими железосодержащими минералами – руда на железо; порошковатый, землистый лимонит используется для изготовления краски.

**Магнетит** (магнитный железняк) –  $Fe_3O_4$ . Название дано Хайдингером в 1845 г. по месторождению в Магнезии (Греция).

Сингония – кубическая. Кристаллы обычно представлены октаэдрами (рис. 43). Агрегаты плотные, сливные или зернистые.



цвет: железо-черный;  
цвет черты: черный;  
блеск: металлический;  
твердость: 5.5;  
спайность: отсутствует;  
плотность: 5.2 г/см<sup>3</sup>

Рис. 43. Кристалл магнетита

Прочие свойства: магнитен; порошок растворяется в HCl при нагревании. Магнитные свойства магнетита зависят от его состава (чем больше примесей магния, марганца, тем меньше магнитная восприимчивость минерала) и от анизотропных свойств (в одних направлениях кристалла магнитность проявляется сильнее, в других – слабее).

Диагностические признаки: цвет, цвет черты, магнитность; отличие от хромита – по цвету черты и магнитности (прил. 1, табл. 2).

Происхождение: магматическое, контактово-метасоматическое, метаморфическое, гидротермальное, экзогенное (в россыпях).

Применение: железная руда.

**Опал** –  $SiO_2 \cdot nH_2O$ . Название связывают с санскритским словом «упала» – самоцвет. **Благородный опал** – полупрозрачный до прозрачного с радужной иризацией. **Гуалит** – бесцветный, прозрачный опал. **Полуопал** – непрозрачный, желтого, бурого, коричневого цвета с примесью окислов железа, глинистого вещества. Аморфный; натечные агрегаты различной формы – корки, почковидные псевдоморфозы опала по животным и растительным остаткам.

цвет: молочно-белый, зеленых разных оттенков, оранжево-красный, красно-бурый, коричневый до черного;  
цвет черты: белый до слабоокрашенного (у цветных разновидностей);  
блеск: тусклый до воскового, перламутровый, иногда стеклянный (*гуалит*);  
твердость: 5-6,5;  
спайность: отсутствует; излом раковистый;  
плотность: 1,8-2,3 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: очень хрупкий.

Диагностические признаки: от халцедона отличается меньшей твердостью, бошей хрупкостью, восковым до перламутрового блеском, растрескиванием, иногда липнет к языку (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: гидротермальное, осадочное.

Применение: благородный опал имеет ювелирное значение; в производстве огнеупорных кирпичей, а также в абразивной и керамической промышленности.

**Псиломелан** –  $BaMn \times Mn_9O_{20} \times 3H_2O$ . Название дано за внешний вид и происходит от греческих слов «псинос» – гладкий, голый и «меланос» – черный. **Вад** – порошокватые, землистые массы. **Асболан** – содержит примесь кобальта. **Марганцевая пена** – пенисто-рыхлый псиломелан.

Сингония – ромбическая. Мелкокристаллические до скрытокристаллических агрегаты, натечные, гроздевидные, почковидные образования, оолиты.

цвет: от темного стально-серого до черного;  
цвет черты: коричнево-черный, блестящий;  
блеск: металлический;  
твердость: 4-6;  
спайность: отсутствует, излом неровный до скорлуповатого (в оолитах);  
плотность: 4,8 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: легко растворяется в HCl (с выделением Cl<sub>2</sub>), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, лимонной и щавелевой кислотах. При кипячении в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:1) окрашивает раствор в розовый или розовато-фиолетовый цвет (реакция Фаддеева).

Диагностические признаки: цвет, цвет черты, реакция Фаддеева (прил. 1, табл. 3).

Происхождение: экзогенное (в зоне окисления марганцевых месторождений).

Применение: руда на марганец; вад, содержащий кобальт; асболан – руда на кобальт.

**Халцедон** – SiO<sub>2</sub>. Этимология слова связана с древним названием приморского города Битаньи (Халцедон или Калиедон) на побережье Мраморного моря. **Сердолик** (карнеол) – красный. **Сардер** – буро-коричневый, на просвет красный. **Сапфирин** – молочно-синий. **Хризопраз** – яблочно-зеленый, яркий. **Плазма** – луково-зеленый. **Гелиотрон** (кровавик) – неоднородный, темно-зеленый, полупрозрачный с темно-красными пятнами. **Моховой халцедон** – разных цветов с рисунком или включениями, напоминающими мох. **Кремень** – непрозрачный халцедон бурого, желтого, серого, черного цвета с различными примесями (глина, опал, кальцит и др.) **Агат** – различно окрашенный концентрически сложенный халцедон. Разновидности агата: **оникс** – чередующиеся черно-белые слои; **сардоникс** – буро-коричневые и белые слои; **карнеолоникс** – красные и белые слои.

Халцедон – спутанно-волокнистая разновидность кварца. Аморфный; натечные, плотные массы, иногда в пустотах наблюдаются мелкие кристаллы кварца. Образует псевдоморфозы по другим минералам (по кальциту) и органическим остаткам (по дереву и раковинам).

цвет: различный;  
цвет черты: белый;  
блеск: восковой или матовый;  
твердость: 6,5-7;  
спайность: отсутствует;  
плотность: 2,6 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: в кислотах не растворяется, за исключением HF.

Диагностические признаки: блеск, высокая твердость, отсутствие спайности; от кварца и других сходных с ним минералов отличается по блеску (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: магматическое, пегматитовое, гидротермальное, метаморфическое (яшма), осадочное (опоки; в россыпях).

Применение: в ювелирном и гранильном деле, в электротехнике.

**Хромит** (хромистый железняк) –  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ . Название происходит от хрома, обычно являющегося преобладающим элементом в составе минерала.

Минералы с общей формулой  $(\text{Mg,Fe})(\text{Cr,Al,Fe})_2\text{O}_4$  называются хромшпинелиды. По внешним признакам все минеральные виды очень похожи друг на друга, отличить их можно только по химическому составу. **Магнохромит** –  $(\text{Mg,Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$ , **алюмохромит** –  $\text{Fe}(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$ , **хромшпинелит** –  $(\text{Mg,Fe})(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$ . Впервые хромит был открыт на Урале в 1799 г.

Сингония – кубическая. Кристаллы встречаются редко, чаще образуются плотные, зернистые массы.

цвет: железно-черный;  
цвет черты: бурый;  
блеск: металлический;  
твердость: 5,5;  
спайность: отсутствует;  
плотность: 4,5–4,8 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: с фосфорной кислотой при сгущении дает зеленый или фиолетовый раствор.

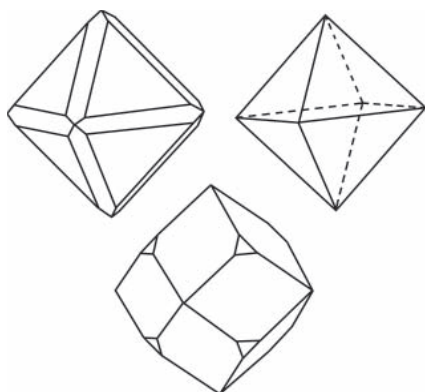
Диагностические признаки: цвет, цвет черты, от магнетита отличается по черте и отсутствию магнитности (прил. 1, табл. 3).

Происхождение: магматическое, экзогенное (в россыпях); хромит типичен для метеоритов.

Применение: главная руда на хром; также применяется в производстве огнеупорных кирпичей.

**Шпинель** –  $\text{MgAlO}_4$ . Название дано Агриколой в 1546 г. и происходит, возможно, от латинского слова маленький шип – «спинелла», за шиповидную форму октаэдрических кристаллов. **Красная шпинель**. **Цейлонит** или **плеонаст** – черная шпинель. **Хлорошпинель** – травяно-зеленая. **Пикотит** – зеленовато-бурая.

Сингония – кубическая. Кристаллы чаще всего имеют октаэдрическую форму (рис. 44).



цвет: зеленовато-синий, синий до черного, реже розовый, красный, бесцветный;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный;  
твердость: 7,5–8;  
спайность: несовершенная; излом раковистый;  
плотность: 3,6 г/см<sup>3</sup>

Рис. 44. Кристаллы семейства шпинели

Диагностические признаки: от граната и корунда отличается габитусом кристаллов и более высокой, чем у гранатов, но более низкой, чем у корунда, твердостью (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: магматическое, метаморфическое, контактово-метасоматическое.

Применение: прозрачная шпинель используется как драгоценный камень первого класса.

### 3.6. Тип V. Кислородные соли

К соединениям этого типа относится около 2/3 обнаруженных к настоящему времени минералов. Соли кислородных кислот в зависимости от их химического состава подразделяются на карбонаты, нитраты, сульфаты, хроматы, молибдаты, вольфраматы, фосфаты, арсенаты, ванадаты, бораты, силикаты (прил. 1, 2, 3, 4).

#### Карбонаты

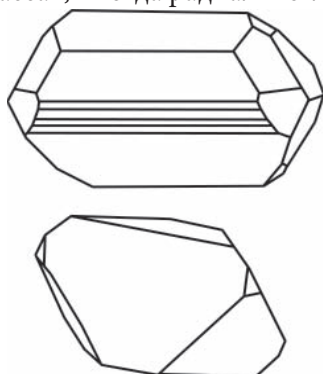
К минералам класса карбонатов относятся соли угольной кислоты ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), чаще всего это соли Ca, Mg, Na, Cu. Всего в этом классе известно около 100 минералов, они составляют, примерно, 2% от массы земной коры, из них 15% приходится на долю кальцита.

Карбонаты – компоненты многих минеральных ассоциаций, образующихся в поверхностной части земной коры. Карбонаты осаждаются на дне морей, озер, лагун, образуются при выветривании сульфидов и силикатов, выделяются из горячих и холодных подземных вод, входят в состав раковин многих беспозвоночных животных.

Минералы-карбонаты используются в химической, металлургической и строительной промышленности, в сельском хозяйстве (кальцит, доломит), в оптических приборах (исландский шпат), руда на железо (сидерит), как поделочные камни (малахит, арагонит).

**Азурит** (медная лазурь) –  $Cu_3[CO_3]_2(OH)_2$ . Название дано Беданом в 1842 г. по цвету минерала. **Медная синь** – землистый, мягкий азурит.

Сингония – моноклинная. Кристаллы имеют вид коротких столбиков или призм, а также толстых таблиц (рис. 45). Встречаются нередко в друзах мелких кристаллов, сплошных зернистых массах, иногда радиально-лучистых агрегатах и в землистом состоянии.



цвет: темно-синий, в землистых массах голубой;  
цвет черты: голубой, синеватый;  
блеск: стеклянный;  
твердость: 3.5-4;  
спайность: совершенная;  
плотность: 3.7-3.9 г/см<sup>3</sup>

Рис. 45. Кристаллы азурита

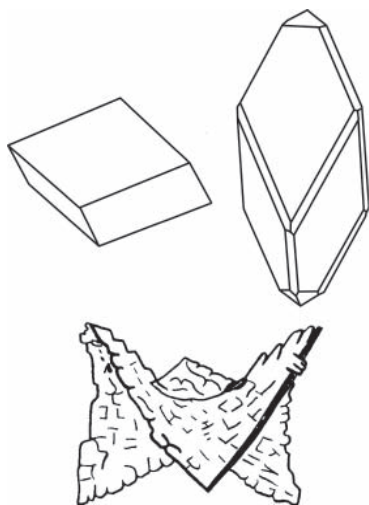
Диагностические признаки: характерный синий цвет, вскипание при действии соляной кислоты (прил. 1, табл. 5).

Происхождение: при химическом выветривании медьсодержащих минералов, часто образует псевдоморфозы по лазуриту. В экзогенных условиях азурит постепенно переходит в малахит.

Применение: руда для получения меди; при производстве синей краски.

**Доломит** –  $CaMg[CO_3]_2$ . Название дано Соссюром в 1792 г. в честь французского химика Доломье, описавшего признаки доломитовых пород.

Сингония – тригональная. Часто встречающиеся кристаллы имеют ромбоэдрический облик, причем нередко седлообразно изогнутые грани (рис. 46). Встречаются двойники прорастания и полисинтетические двойники. Агрегаты обычно кристаллически-зернистые, часто пористые, реже почковидные, ячеистые, шаровидные.



цвет: серовато-белый, иногда с желтоватым, буроватым, зеленоватым оттенком;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный;  
твердость: 3.5-4;  
спайность: совершенная в трех направлениях по ромбоэдру;  
плотность: 1.8-2.9 г/см<sup>3</sup>

Рис. 46. Кристаллы доломита

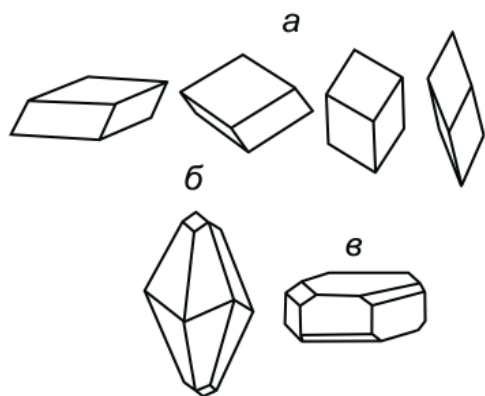


Происхождение: гидротермальное, осадочное (при процессах выветривания).

Применение: исландский шпат – оптическое сырье; жемчуг – в ювелирном деле; литографский камень – в литографии; сырье для производства портланд-цемента, для известкования почв, в качестве флюса при выплавке железа и других металлов из руд.

**Кальцит** (известковый шпат) –  $\text{CaCO}_3$ . Название дано Гейдингером в 1845 г. от греческого слова «жженная известь». **Исландский шпат** – бесцветный прозрачный кальцит. **Литографский камень** – тонкозернистый кальцит. **Бумажный шпат** – листоватый кальцит. **Жемчуг** – кальцит различного цвета округлой формы с перламутровым блеском.

Сингония – тригональная. Кристаллы имеют различный габитус, наиболее часто встречаются скаленоэдрические, реже таблитчатые, пластинчатые, призматические, столбчатые, ромбоэдрические формы; двойники (рис. 47). Агрегаты зернистые, сталактитовидные, комковатые или землистые.



цвет: бесцветный, молочно-белый, реже серый, желтый, розовый, красный, бурый;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный;  
твердость: 3;  
спайность: совершенная в трех направлениях по граням ромбоэдра;  
плотность: 2.6-2.8 г/см<sup>3</sup>

Рис. 47. Кристаллы кальцита ромбоэдрические (а), скаленоэдрический (б), таблитчатый (в)

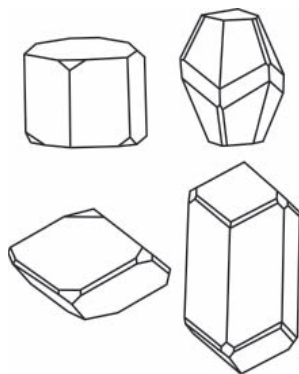
Диагностические признаки: неметаллический блеск, средняя твердость, бурно вскипает при действии разбавленной соляной кислотой или уксусом (прил. 1, табл. 1). Доломит реагирует с соляной кислотой только в порошкообразном виде, магнезит – с нагретой соляной кислотой. Ангидрит не реагирует с разбавленной соляной кислотой.

Происхождение: гидротермальное, осадочное (при процессах выветривания).

Применение: исландский шпат – оптическое сырье; жемчуг – в ювелирном деле; литографский камень – в литографии; сырье для производства портланд-цемента, для известкования почв, в качестве флюса при выплавке железа и других металлов из руд.

**Магнезит** (магнезиальный шпат) –  $\text{MgCO}_3$ . Название дано Карстеном в 1808 г. по составу минерала.

Сингония – тригональная. Облик кристаллов обычно ромбоэдрический (рис. 48). Чаще распространен в виде крупнозернистых агрегатов, фарфоровидных масс и мраморовидных образований.



цвет: белый с желтоватым или сероватым оттенком, иногда снежно-белый;  
цвет черты: белый;  
блеск: у зернистых разностей стеклянный, плотные разности матовые;  
твердость: 4-4.5;  
спайность: совершенная в трех направлениях по ромбоэдру;  
плотность: 2.9-3.1 г/см<sup>3</sup>

Рис. 48. Кристаллы магнезита

Диагностические признаки: неметаллический блеск, средняя твердость, вскипание порошка магнезита при действии нагретой соляной кислотой (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: гидротермальное, при процессах выветривания ультраосновных пород.

Применение: в металлургии (при изготовлении огнеупорных кирпичей), в строительстве, в сахарной, резиновой, бумажной, химической промышленности, в производстве электроизоляторов; источник магнезия.

**Малахит** –  $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$ . Название дано в 77 г. н.э. Плинием из-за сходства с цветом зелени и происходит от греческого названия растения «мальва». **Медная зелень** – землистый, мягкий малахит.

Сингония – моноклинная. Кристаллы крайне редки, имеют призматический облик. Обычно наблюдается в массах натечной формы с радиально-волоконистым строением. Для крупных почковидных образований весьма характерно концентрически-зональное строение, встречаются и землистые разности.

цвет: зеленый;  
цвет черты: бледно-зеленый;  
блеск: стеклянный до алмазного, у волоконистых разностей шелковистый;  
твердость: 3.5-4;  
спайность: совершенная;  
плотность: 3.9-4.0 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: характерный зеленый цвет, часто наблюдаются натечные формы и радиально-волоконистое строение (прил. 1, табл. 6). В соляной кислоте растворяется с шипением.

Происхождение: при химическом выветривании медьсодержащих минералов.

Применение: руда для извлечения меди, декоративный и поделочный камень.

**Родохрозит** (марганцевый шпат) –  $\text{Mn}[\text{CO}_3]$ . Название дано Гаусманном в 1813 г. за характерный ярко-розовый цвет и происходит от греческого слова «розово-окрашенный».

Сингония – тригональная. Изредка встречается в виде ромбоэдрических кристаллов (рис. 49). Агрегаты обычно кристаллически-зернистые, почковидные и шарообразные с радиально-лучистым или сферолитовым строением. Встречается в шестоватых агрегатах и в землистых массах.

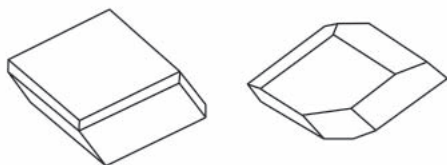


Рис. 49. Кристаллы родохрозита

цвет: розовый, малиновый, коричневый;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный;  
твердость: 3.5-4.0;  
спайность: совершенная по ромбоэдру;  
плотность: 3.7 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: в кристаллических массах легко узнаётся по ромбоэдрической спайности, розовому цвету и низкой твердости (прил. 1, табл. 1). От родонита отличается меньшей твердостью, от других карбонатов – пленкой гидроксидов и оксидов марганца.

Происхождение: гидротермальное, осадочное.

Применение: может представлять интерес как руда на марганец.

**Сидерит** –  $\text{FeCO}_3$ . Название происходит от греческого слова «железо». Хаусман в 1813 г. для округлых конкреций ввел название «сферосидерит»: оно было трансформировано в более короткое название Хайдегером в 1845 г.

Сингония – тригональная. Кристаллы редки, они обычно имеют ромбоэдрический облик (рис. 50), причем грани ромбоэдра нередко искривлены, седлообразны, имеют чешуеобразную поверхность. Чаще сидерит образует сплошные массы от грубо- до мелкозернистых, землистые или плотные, загрязненные глиной или кремнеземом скопления. Известны оолиты и шаровидные выделения с грубоволокнистой структурой, конкреции.

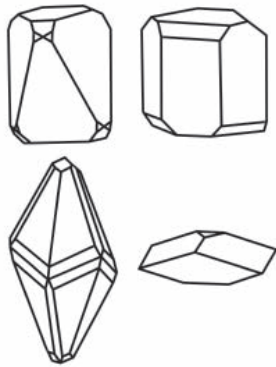


Рис. 50. Кристаллы сидерита

цвет: в свежем состоянии желтовато-серый, горохово-желтый, желтовато-бурый, при выветривании – бурый разных оттенков;  
 цвет черты: белый;  
 блеск: стеклянный;  
 твердость: 3.5-4.5;  
 спайность: совершенная в трех направлениях по граням ромбоэдра;  
 плотность: 3.9 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: неметаллический блеск, средняя твердость, желтый, бурый цвет, белая черта и вскипание при действии нагретой соляной кислоты (прил. 1, табл. 1). Капля HCl на поверхности сидерита постепенно окрашивается в зеленовато-желтый цвет вследствие образования FeCl<sub>3</sub>. Сидерит может быть похожим на крупнозернистый желтоватый или коричневый мрамор.

Происхождение: гидротермальное, осадочное (в лагунах или заливах морских бассейнах восстановительные условия).

Применение: железная руда.

**Сода** (натрит, натрон) – Na<sub>3</sub>[CO<sub>3</sub>]·10H<sub>2</sub>O. Название «сода» употребляется с XVII в., происхождение слова неясно.

Сингония – моноклинная. Кристаллы имеют форму ромбоидальных таблиц. Обычно наблюдается в зернистых агрегатах.

цвет: бесцветный, белый или серый;  
 цвет черты: белый;  
 блеск: стеклянный;  
 твердость: 1-1.5;  
 спайность: совершенная;  
 плотность: 1.4-1.5 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: легко растворяется в воде; при действии HCl бурно выделяет углекислый газ; на воздухе быстро теряет воду и белеет.

Диагностические признаки: по перечисленным особенностям (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: осадочное.

Применение: в химической, металлургической промышленности, при производстве мыла, стекла, красителей.

## Нитраты

Нитраты – соли азотной кислоты HNO<sub>3</sub>. Содержание нитратов в земной коре незначительно. Нитраты хорошо растворимы в воде, и обычно они распыляются на воздухе и подвержены восстановлению органическими веществами.

Происхождение нитратов экзогенное, чаще биогенное, когда они образуются при гниении органических остатков. В этих процессах принимают участие нитрофицирующие бактерии, превращающие аммиак и аммонийные соли в нитраты.

Единственные залежи, представляющие экономический интерес, приурочены к поверхности каменистых почв в районах с засушливым и полузасушливым климатом в пустыне Атакама. В этом месторождении примерно в равных количествах встречаются галит (NaCl), тенардит (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) и натриевая селитра (NaNO<sub>3</sub>), а также промышленные концентрации I, Mg, K, B и других компонентов (прил. 1, 2, 3, 4).

**Натриевая (чилийская) селитра, нитратин** – NaNO<sub>3</sub>. Название дано Хайдингером в 1845 г. по крупнейшему в мире месторождению – Чилийское.

Сингония – тригональная. Кристаллы имеют форму ромбоэдров, чаще представлены массивные агрегаты, корки или тонкие прослои, налеты.

цвет: белый, бесцветный, красновато-коричневый, серый или желтый;  
цвет черты: белый; желтоватый;  
блеск: стеклянный;  
твердость: 1,5-2;  
спайность: совершенная по ромбоэдру;  
плотность: 1.5-2 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: вкус солоноватый, охлаждающий; легко растворяется в воде.

Диагностические признаки: неметаллический блеск, низкая твердость, солоноватый вкус; при накаливании в смеси с углем дает вспышку, но более слабую, чем калийная селитра (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: экзогенное (биогенное); встречается в виде солеобразных масс, корок, налетов, выцветов в пустынях, на месте старых городищ и скоплений гуано; особенно характерна для сухих жарких областей, лишенных растительности.

Применение: в химической промышленности для получения азотной кислоты и других нитросоединений, а также в производстве пороха; сырье для приготовления удобрений.

### Калиевая (индийская) селитра – KNO<sub>3</sub>.

Сингония – ромбическая. Встречается в виде тонких корочек или мелких игольчатых кристаллов, иногда образует плотные, зернистые или землистые агрегаты.

цвет: белый;  
цвет черты: белый, желтоватый;  
блеск: стеклянный;  
твердость: 2;  
спайность: совершенная;  
плотность: 2.11 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: растворимость в воде.

Диагностические признаки: неметаллический блеск; низкая твердость; вкус солоноватый, охлаждающий; при накаливании в смеси с углем дает сильную вспышку (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: экзогенное (биогенное); встречается в почвах, в солончаках, в известняках, в навозных ямах, в пещерах, на стенках погребов. Особенно характерна для пустынных областей.

Применение: для получения азотной кислоты и других нитросоединений, азотных удобрений и в производстве взрывчатых веществ.

## Сульфаты

Минералы-сульфаты являются природными солями серной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) и составляют около 0,5% от массы земной коры. Их насчитывается более 130.

Основная масса сульфатов возникает в экзогенных условиях. Это главным образом химические морские и озерные осадки или вторичные минералы, образующиеся в зоне окисления сульфидных месторождений (прил. 1, 2, 3, 4). Некоторые сульфаты могут быть гидротермальное происхождения (барит, целестин).

Сульфаты используют в цементной и химической промышленности, иногда как поделочные камни (гипс, ангидрит); в строительстве, медицине, бумажном производстве (гипс); в лакокрасочной, химической и бумажной промышленности, в сельском хозяйстве (барит) (прил. 3).

**Ангидрит** – CaSO<sub>4</sub>. Название дано Вернером в 1804 г. от греческого «безводный», в отличие от других сульфатов кальция, содержащих в своем составе H<sub>2</sub>O.

Сингония – ромбическая. Хорошо образованные кристаллы редки (рис. 51), чаще всего образуются массивные, волокнистые, зернистые или сплошные агрегаты.

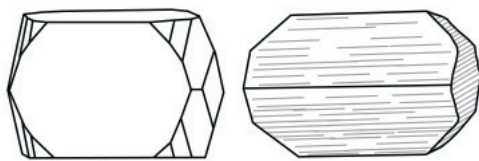


Рис. 51. Кристаллы ангидрита

цвет: белый, иногда с красноватым и зеленоватым оттенками; в массивной форме иногда серо-голубой;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный;  
твердость: 3-3,5;  
спайность: совершенная по трем пинакоидам;  
плотность: 2.89-2.98 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: очень плохо растворяется в соляной, лучше в серной кислоте.

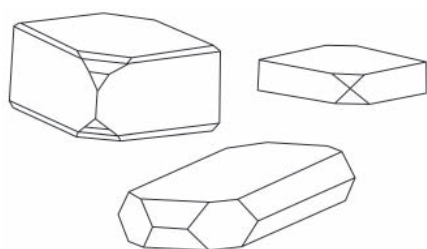
Диагностические признаки: неметаллический блеск, средняя твердость, белая черта (прил. 1, табл. 1). Ангидрит напоминает мрамор, известняк, доломит, магнезит, от которых отличается тем, что очень слабо реагирует с разбавленной соляной кислотой. Внешне также похож на гипс, от которого отличается большей твердостью (на гипсе ноготь оставляет царапину).

Происхождение: экзогенное, типичный лагунный химический осадок; изредка встречается как продукт возгона и отложения горячих растворов в вулканических районах.

Применение: сырье для получения серной кислоты и вяжущих веществ (цемент); как удобрение в сельском хозяйстве; красиво окрашенные разновидности в качестве поделочного камня.

**Барит** –  $BaSO_4$ . Название дано Карстеном в 1800 г. и происходит от греческого слова «тяжелый» (из-за большой плотности).

Сингония – ромбическая. Кристаллы таблитчатые, призматические, столбчатые (рис. 52). Агрегаты зернистые, реже плотные, скрытокристаллические, землистые, наблюдаются также в виде сталактитов и других натечных форм с концентрически-зональным строением; друзы.



цвет: бесцветный, снежно-белый, иногда желтоватый, голубоватый, зеленоватый, красноватый, реже коричневый, темно-коричневый, темно-красный;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый;  
твердость: 3-3,5;  
спайность: совершенная или ясная;  
плотность: 4.5 г/см<sup>3</sup>

Рис. 52. Кристаллы барита

Прочие свойства: нерастворим в HCl даже при нагревании.

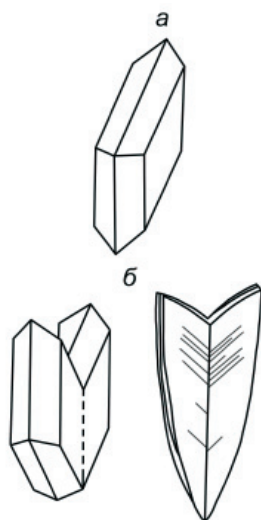
Диагностические признаки: высокая плотность, совершенная спайность в одном направлении (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: гидротермальное, осадочное, экзогенное (в зоне выветривания; в россыпях).

Применение: в качестве компонента промывочной жидкости (суспензия тонко размельченного барита) при бурении скважин на нефть и газ, в производстве белой краски (литопаона), как источник бария и как наполнитель глянцевой бумаги.

**Гипс** –  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . Назван Теофрастом около 315 г. до н.э. по греческому наименованию минерала, т.е. отожженный минерал или «пластырь» (штукатурный гипс). **Селенит** – параллельно-игольчатый с шелковистым блеском. **Марьино стекло** – толстолистоватый прозрачный гипс.

Сингония – моноклиная. Кристаллы имеют таблитчатый, редко столбчатый или призматический облик; двойники, напоминающие ласточкин хвост (рис. 53); друзы; обычно плотные тонкозернистые агрегаты.



цвет: белый, отдельные кристаллы часто водяно-прозрачные и бесцветные, серый, желтый, красный, бурый (в зависимости от цвета примесей);  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный, на плоскостях спайности – перламутровый отлив;  
твердость: 1.5;  
спайность: весьма совершенная (у листоватых разновидностей);  
плотность: 2.3 г/см<sup>3</sup>

Рис. 53. Кристалл (а) и двойники (б) гипса



Прочие свойства: растворяется в воде (максимально при температуре 37–38 °С).

Диагностические признаки: неметаллический блеск, небольшая твердость, белая черта, небольшая плотность, нежирен на ощупь (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: осадочное (лагунный и озерный химический осадок), при гидратации ангидрита ( $\text{CaSO}_4$ ) осадочного происхождения под действием холодных подземных вод; в коре выветривания различных по составу горных пород; гидротермальное.

Применение: в архитектурном и строительном деле, в бумажной промышленности, в медицине, в качестве удобрения в сельском хозяйстве, в производстве серной кислоты, цемента, эмалей, глазури и красок; селенит – поделочный камень.

**Мирабилит** (глауберова соль) –  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$ . Термин введен Хайдингером в 1845 г. Название возникло в связи с тем, что немецкий химик И.В. Глаубер был «удивлен» образованием этой соли (от латинского «удивительная соль»).

Сингония – моноклинная. Кристаллы обладают короткостолбчатым обликом (рис. 54), обычно встречается в сплошных зернистых агрегатах, а также в виде корок и налетов.

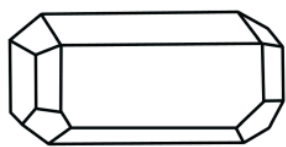


Рис. 54. Кристалл мирабилита

цвет: бесцветный и прозрачный, но иногда мутный с желтоватым, синеватым или зеленоватым оттенком;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный;  
твердость: 1.5-2;  
спайность: совершенная;  
плотность: 1.5 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: на сухом воздухе постепенно теряет всю воду и становится белым порошковатым веществом (тенардит –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Обладает охлаждающим слабо горько-соленым вкусом.

Диагностические признаки: неметаллический блеск, небольшая твердость, горьковато-соленый вкус (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: осадочное (лагунный, озерный химический осадок; выцветы на поверхности почвы).

Применение: при производстве соды, гипосульфита, ультрамарина, в стекольной промышленности, в холодильном деле, в медицине.

**Целестин** –  $\text{Sr}[\text{SO}_4]$ . Название дано Вернером в 1799 г. от латинского слова «небесный» (за темно-голубой цвет первых описанных образцов).

Сингония – ромбическая. Кристаллы имеют таблитчатый, столбчатый или призматический облик (рис. 55). Агрегаты чаще зернистые, реже шестоватые, жилковатые и скорлуповатые с общей натечной формой. Встречается в виде желваков и секретий, в пустотах наблюдаются друзы кристаллов.

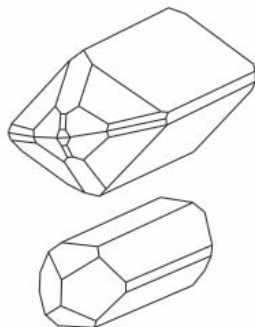


Рис. 55. Кристаллы целестина

цвет: голубовато-белый, голубовато-серый, реже с красноватым или желтоватым оттенком;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный, на плоскостях спайности – перламутровый отлив;  
твердость: 3-3,5;  
спайность: совершенная;  
плотность: 4.0 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: в зернистых массах от карбонатов отличается по отсутствию реакции на  $\text{HCl}$  (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: осадочное.

Применение: для получения нитрата стронция, для фейерверков, трассирующих пуль, а также для получения солей стронция, используемых при рафинировании свекловичного сахара.

## Хроматы

Хроматы – это соли хромовой кислоты. В настоящее время известно около 10 минералов. Минерал этого класса встречается крайне редко.

Хроматы имеют экзогенное происхождение. Наиболее часто встречаются хроматы свинца в зоне окисления свинцовых руд.

**Крокоит** (оранжевая свинцовая руда) –  $Pb(CrO_4)$ . Название дано Бёданом в 1832 г. от греческого «шафран» (по цвету).

Сингония – моноклинная. Обычно в виде тонких кристаллов с вертикальной штриховкой или в виде шестоватых кристаллов (рис. 56); бывает также зернистым.



цвет: красный, яркий оранжево-красный;  
цвет черты: красноватый;  
блеск: алмазный;  
твердость: 2,5-3;  
спайность: ясная;  
плотность: 5.9-6.1 г/см<sup>3</sup>

Рис. 56. Кристалл крокоита

Диагностические признаки: в горячей  $HCl$  растворяется с выделением  $Cl_2$ ; прозрачный красно-оранжевый минерал с сильным блеском (прил. 1, табл. 4).

Происхождение: в зоне окисления свинцовых месторождений в местах, где жилы пересекают вмещающие породы, содержащие хром.

Применение: промышленного значения не имеет, т.к. слишком редок, но представляет интерес для коллекционеров, благодаря своему необычному внешнему виду.

## Молибдаты

Группа минералов – молибдатов очень малочисленна и к ней относится около 10 минералов (прил. 1, 2, 3, 4). Все минералы гипергенные, связаны с зоной «железной шляпы», где молибден может находиться как результат окисления молибденита и быть принесенным со стороны поверхностными водами в виде растворенных молибдатов. В большинстве случаев молибдаты имеют значение в качестве поисковых признаков.

**Повеллит** –  $CaMoO_4$ . Название дано в 1891 г. в честь американского геолога Дж. Пауэлла.

Сингония – тетрагональная. Кристаллы дипирамидальные или таблитчатые, агрегаты массивные, листоватые; часто в виде псевдоморфоз по молибдениту в виде характерных звездчатых листоватых агрегатов.

цвет: часто желтый, бледно-желтый, реже коричневый, синий, или черный;  
цвет черты: белый с желтоватым оттенком;  
блеск: жирный или перламутровый;  
твердость: 3,5;  
спайность: отсутствует;  
плотность: 4,2 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: растворяется в  $H_2SO_4$ , имеет синий цвет; хрупкий.

Диагностические признаки: совместно с молибденитом по перечисленным свойствам (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: образуется в зоне окисления молибденовых месторождений.

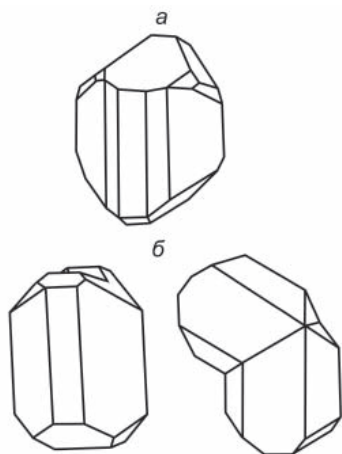
Применение: как поисковый признак молибденита; содержание  $MoO_3$  в повеллите может достигать 72%.

## Вольфраматы

В группе вольфрамовых выделяется, примерно, 20 минералов (прил. 1, 2, 3, 4). В основном эти минералы образуются в гипергенных условиях (в зоне окисления) в качестве вторичных минералов, но два основных рудных минерала на вольфрам – вольфрамит и шеелит, исключительно в глубинных условиях.

**Вольфрамит** –  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ . Вольфрамит – от немецкого «вольфрам» – «волчья пена»; примесь вольфрамита к оловянным рудам вызывает появление пены (шлака) на поверхности выплавляемого олова, затрудняя процесс плавки; отсюда и старое русское название минерала – волчец.

Сингония – моноклинная. Кристаллы имеют толстотаблитчатый или призматический облик (рис. 57). Агрегаты массивные зернистые.



цвет: буровато-черный;  
цвет черты: бурый, до черного;  
блеск: на плоскостях спайности зеркальный, алмазный, а в других направлениях жирный;  
твердость: 4,5–5,5;  
спайность: совершенная в одном направлении;  
плотность: 6,7–7,5 г/см<sup>3</sup>

Рис. 57. Кристалл (а) и двойники (б) вольфрамита

Диагностические признаки: по перечисленным свойствам, у сфалерита спайность в нескольких направлениях, у касситерита нет спайности (прил. 1, табл. 2).

Происхождение: гидротермальное, пневматолитовое.

Применение: руда вольфрама.

## Фосфаты, арсенаты, ванадаты

Минералы этой группы являются солями фосфорной, мышьяковой и ванадиевой кислот. Преобладают соединения Ca, Mg, Fe, Mn, отчасти Al; нередко соединения Pb, Cu и Zn в зоне окисления рудных месторождений (прил. 1, 2, 3, 4). Известно много водных соединений и солей основного состава.

Фосфаты и их аналоги принадлежат к довольно редким минералам. Наибольшее распространение и значение имеют фосфаты. Они составляют не более 0,1% от массы земной коры.

Минералы в большинстве гипергенные, образуются в поверхностной зоне в результате разложения органических остатков (фосфаты), окисления мышьяковистых соединений (арсенаты) и за счет рассеянного в осадочных породах ванадия (ванадаты). Некоторые фосфаты – глубинного происхождения.

Основное применение фосфатов – сырье для получения фосфорных удобрений, фосфора, фосфорной кислоты и других соединений фосфора (прил. 3).

**Апатит** –  $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl})$ . Название группы минералов от греческого слова «апатао» – обманываю, потому что по внешнему виду его часто принимали за берилл и турмалин. **Мороксит** – густого синевато-зеленого цвета. **Колофан** – колломорфные выделения. **Фосфориты** – землистые скопления, конкреции, псевдоморфозы по органическим остаткам, загрязненные глинистыми частицами, песчинками, кальцитом.

Сингония – гексагональная. Кристаллы таблитчатые, в виде гексагональных призм (рис. 58), обычно вкрапленники, сплошные зернистые массы, друзы.

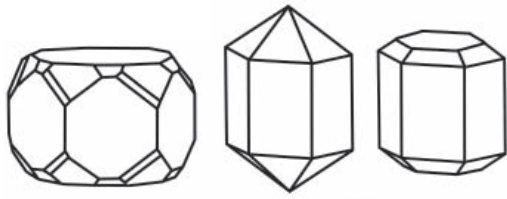


Рис. 58. Кристаллы апатита

цвет: голубой, зеленый, фиолетовый, иногда бесцветен;  
 цвет черты: белый до желтовато-серого;  
 блеск: стеклянный до жирного;  
 твердость: 5;  
 спайность: несовершенная; излом неровный;  
 плотность: 3.2 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: растворяется в соляной и азотной кислотах. Солянокислый раствор при добавлении аммиака дает белый студневидный осадок.

Диагностические признаки: по перечисленным свойствам; от берилла отличается меньшей твердостью (не царапает стекло); сахаровидный облик агрегатов (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: магматическое, пегматитовое, контактово-метасоматическое, осадочное (фосфорит).

Применение: апатит и фосфорит представляют собой основной материал для получения фосфорных удобрений; фосфатные минералы используют в литейном деле, в химической и керамической промышленности.

**Вивианит** –  $Fe_3[PO_4] \cdot 4H_2O$ . Название дано в 1817 г. в честь английского минералога Дж. Вивиана. **Керченит** – зеленый, **оксикерченит** – печеночно-бурый.

Сингония – моноклинная. Кристаллы призматической, шестоватой, игольчатой формы (рис. 59). Агрегаты радиально-лучистые, звездчатые, нередко почковидные, шаровидные, землистые массы («синяя железная земля»).

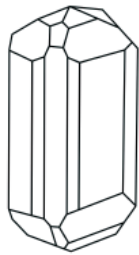


Рис. 59. Кристалл вивианита

цвет: в неизменном виде – светлых оттенков, в кристаллах – прозрачен, в землистых массах – белый; при окислении на воздухе – серовато-синий, серовато-зеленый, темно-синий до черно-синего;  
 цвет черты: белый до голубоватого, синий, бурый в окисленных образцах;  
 блеск: стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый; в землистых агрегатах – тусклый;  
 твердость: 1.5-2.0;  
 спайность: совершенная;  
 плотность: 2.7 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: легко растворяется в HCl и HNO<sub>3</sub>; хрупкий.

Диагностические признаки: цвет, цвет черты, низкая твердость, лучисто-игольчатые, листоватые, звездчатые агрегаты, часто наблюдаются в полостях скоплений гидроокислов железа, ископаемых костей животных и раковин (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: экзогенное в торфяниках, озерных органо-минеральных отложениях (сапропелях), болотных и озерных бурых железняках и формируется в ранние этапы диагенеза первичных осадков в восстановительной обстановке.

Применение: сырье для производства синей краски; прозрачные кристаллы используются как ограночный материал.

**Бирюза** (каллаит) –  $Cu(Al,Fe)_6[PO_4]_4(OH)_8 \cdot 4H_2O$ . Название произошло от английского слова «турецкий», так как первые образцы попали в Европу из Турции.

Сингония – триклинная. Обычны скрытокристаллические массы почковидной формы или в виде корок, прожилков и неправильной формы скоплений, кристаллы редки.

цвет: небесно-голубой, яблочно-зеленый, зеленовато-серый; на голубом фоне часто присутствуют черные пятна или сетчатый рисунок;  
 цвет черты: белый;  
 блеск, стеклянный, восковой;  
 твердость: 5-6;  
 спайность: практически отсутствует;  
 плотность: 2.6-2.8 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: растворяется в HCl.

Диагностические признаки: цвет, блеск (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: экзогенное – в условиях выветривания, часто вместе с лимонитом, при воздействии меденосных поверхностных растворов на горные породы, содержащие глинозем (в полевых шпатах и др.) и фосфор (в виде апатита и др.).

Применение: лучшие по окраске разновидности небесно-голубого цвета используются в ювелирном деле, худшие разновидности поддаются искусственной окраске.

## Бораты

К классу боратов относится более 100 минералов. Это главным образом кальциевые, магниевые и натриевые соли борных кислот  $H_3BO_3$ ,  $HBO_2$ ,  $H_2B_4O_7$  (прил. 1, 2, 3, 4).

Эти минералы образуются как гидрoхимические осадки в составе гипсоносных и ангидристовых толщ. При выветривании этих толщ сульфаты выносятся, а бораты остаются. Такие месторождения имеют промышленное значение как источник сырья для получения бора и его соединений. Известны эндогенные минералы бора, образующиеся в скарнах и связанные с горячими источниками вулканических областей.

**Бура** (тинкаль) –  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ . Название дано Валлериусом в 1748 г. от арабского названия этого вещества. «Тинкаль» происходит от малайского наименования вещества в сыром природном состоянии.

Сингония – моноклинная. Встречается иногда в крупных призматических кристаллах (рис. 60), распространен также в землистых массах и в виде корок.

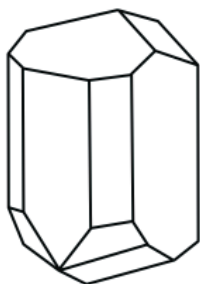


Рис. 60. Кристалл буры

цвет: бесцветный, но обычно белый с сероватым, желтоватым, синеватым или зеленоватым оттенком;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный, жирный;  
твердость: 2,0–2,5;  
спайность: несовершенная;  
плотность: 1,69–1,72 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: полупрозрачный, сладковато-щелочной вкус.

Диагностические признаки: низкая твердость, легкая растворимость в воде (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: образуется в виде осадка при испарении соляных озер или в виде выцветов на поверхности в засушливых регионах.

Применение: для изготовления моющих средств, в качестве антисептика, консерванта, источника бора; используется в промышленности в качестве растворителя оксидов металлов при пайке и сварке и как флюс для различных отливок.

## Силикаты

Класс силикатов и их аналогов является самым большим по числу минеральных видов, к нему относится около 1/3 всего количества известных минералов. В целом минералы-силикаты составляют 75% массы земной коры, при этом наиболее распространены полевые шпаты, которые составляют, примерно, половину массы земной коры (прил. 1, 2, 3, 4). За ними по распространенности следуют слюды, пироксены, амфиболы и гранаты. Для силикатов группы гранатов принята кристаллохимическая классификация. Элементарной структурной единицей каждого из них является сочетание иона кремния и четырех ионов кислорода, располагающихся по вершинам тетраэдра. Все разнообразие силикатов основывается на различном сочетании таких кремнекислородных тетраэдров. В некоторых силикатах часть ионов кремния замещена алюминием (алюмосиликаты).

По структуре силикаты подразделяются на следующие группы: островные (оливин), кольцевые (берилл), цепочечные (авгит), ленточные (роговая обманка), листовые (слюды), каркасные (полевые шпаты и фельдшпатоиды).

Силикаты имеют различное происхождение. В основной своей массе они представляют породообразующие минералы и являются эндогенными, другие образуются при экзогенных процессах.



Многие силикаты являются ценными полезными ископаемыми: используются в керамическом и огнеупорном производствах (каолинит, полевые шпаты, асбест, оливин), в ювелирном деле (топаз, гранат, берилл, аквамарин), в строительстве (лабрадор), в сельском хозяйстве как удобрения (глауконит, нефелин), в электротехнике (слюды) и других отраслях народного хозяйства.

#### Группа полевых шпатов

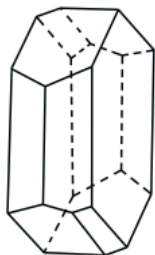
Полевые шпаты – наиболее распространенные минералы в земной коре. Полевые шпаты составляют около 50% силикатов, входящих в состав земной коры. Большею частью они встречаются в магматических породах (около 60%), затем в метаморфических (около 30%) и около 10% среди осадочных пород. По химическому составу полевые шпаты подразделяются на 3 группы: кали-натровые полевые шпаты, натрово-кальциевые (плагиоклазы) и калий-бариевые полевые шпаты.

Наиболее распространены представители первых двух групп, бариевые полевые шпаты обладают ограниченным распространением.

**Кали-натровые полевые шпаты.** Название «полевые шпаты» связано с греческим словом «пластина», из-за способности раскалываться на пластины по спайности, «полевой» – в связи с частыми находками в моренных отложениях (полях).

**Микроклин** –  $K[AlSi_3O_8]$ . Название происходит от греческих слов «микро» – малый и «клино» – угол (из-за небольшого отклонения от прямого угла между плоскостями спайности). **Амазонит** – зеленый.

Сингония – триклинная. Кристаллы призматические (рис. 61). Встречаются также в виде массивных зернистых агрегатов.



цвет: белый или с оттенками желтого, красного, зеленого;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный, перламутровый, выветрелые разности – матовые;  
твердость: 6;  
спайность: совершенная в двух направлениях;  
плотность: 2.6 г/см<sup>3</sup>

Рис. 61. Кристалл микроклина

Прочие свойства: не растворяется в кислотах, кроме HF.

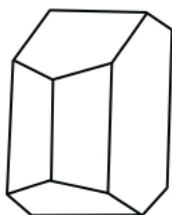
Диагностические признаки: неметаллический блеск, высокая твердость, совершенная спайность; похож на ортоклаз, их можно различать только под микроскопом (прил. 1, табл. 1). От кварца отличается наличием совершенной спайности.

Происхождение: магматическое, пегматитовое, метаморфическое.

Применение: в керамической промышленности; амазонит используется как строительный и подделочный камень.

**Ортоклаз** –  $K[AlSi_3O_8]$ . Название произошло от греческих слов «ортос» – прямой и «клякис» – расщепление (угол между плоскостями спайности 90°), «прямо раскалывающийся». **Адуляр** – водяно-прозрачный, кристаллы клиновидной формы. **Солнечный камень** отликает золотистым блеском. **Лунный камень** имеет голубоватый серебристый оттенок. **Санидин** – высокотемпературная модификация ортоклаза.

Сингония – моноклиная. Форма кристаллов призматическая (рис. 62). Агрегаты сплошные зернистые, вкрапления.



цвет: желтый, розоватый, красный, белый, сероватый, реже бесцветный;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный, на некоторых гранях и плоскостях спайности перламутровый;  
твердость: 6;  
спайность: совершенная в двух направлениях под прямым углом;  
плотность: 2.6 г/см<sup>3</sup>

Рис. 62. Кристалл ортоклаза

Прочие свойства: кислоты не действуют, кроме HF.

Диагностические признаки: неметаллический блеск, высокая твердость, совершенная спайность в двух направлениях под прямым углом; ортоклаз можно спутать с кварцем, отличие – у кварца нет спайности (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: магматическое, пегматитовое, метаморфическое.

Применение: в керамической промышленности; лунный и солнечный камень – облицовочные и поделочные материалы.

**Натрово-известковые шпаты** (плаггиоклазы). Плаггиоклазы представляют непрерывный ряд твердых растворов от натриевого алюмосиликата – альбита (Ab)  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$  до кальциевого алюмосиликата – анортита (An)  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ . По процентному содержанию анортита различают **альбит** – 0-10% An, **олигоклаз** – 10-20% An, **андезин** – 30-50% An, **лабрадор** – 50-70% An, **битовнит** – 70-90% An, **анортит** – 90-100% An. Альбит и олигоклаз относятся к кислым плаггиоклазам, лабрадор – к средним, битовнит и анортит – к основным. Слово «плаггиоклаз» в переводе с греческого означает «косо раскалывающийся».

Сингония – триклинная. Таблитчатые кристаллы редки, чаще встречаются полисинтетические двойники (рис. 63); агрегаты сплошные крупнозернистые.

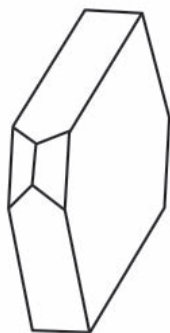


Рис. 63. Кристалл альбита

цвет: серовато-белый, реже красный, желтый или бесцветный; для лабрадора характерен синий отлив на плоскостях спайности;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный; у альбита на плоскостях спайности перламутровый;  
твердость: 6-6.5;  
спайность: совершенная в двух направлениях;  
плотность: 2.6-2.8 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: плаггиоклазы до 50% An не растворяются в HCl; более основные плаггиоклазы и анортит растворяются в HCl с образованием студенистого осадка.

Диагностические признаки: неметаллический блеск, высокая твердость, совершенная спайность (прил. 1, табл. 1).

Применение: в керамической промышленности; лабрадорит – облицовочный материал.

## Группа нефелина

**Нефелин** –  $\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4$ . Название является производным от греческого слова «облако», за то, что при погружении в кислоту становится мутным. **Элеолит (масляный камень)** – сплошной плотный с жирным блеском.

Сингония – гексагональная. Кристаллы мелкие призматические (рис. 64). Агрегаты плотные, зернистые, вкрапления в породе.

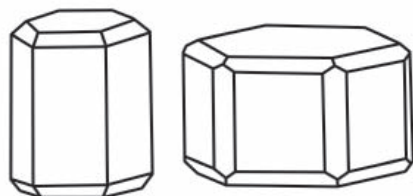


Рис. 64. Кристаллы нефелина

цвет: бесцветный, желтоватый, красновато-бурый, кирпично-красный, серый;  
цвет черты: белый;  
блеск: на поверхности кристаллов стеклянный, в изломе жирный;  
твердость: 5.5-6;  
спайность: отсутствует; излом плоскораковистый;  
плотность: 2.6-2.7 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: разлагается в соляной и серной кислотах с выделением студневидного кремнезема; легко выветривается.

Диагностические признаки: жирноватый блеск в изломе, высокая твердость (оставляет царапину на стекле), отсутствие спайности (прил. 1, табл. 1). От полевых шпатов нефелин отличается отсутствием спайности и жирноватым блеском, от кварца – легкой растворимостью в соляной и серной кислотах.

Происхождение: магматическое, метасоматическое.

Применение: руда на алюминий; как удобрение в сельском хозяйстве; в качестве сырья в стекльно-керамической, абразивной (получение искусственного корунда) и цементной промышленности, для получения соды и силикагеля (коллоидный кремнезем). Отходы от переработки нефелиновых руд используются для каменного литья.

**Лазурит** (ляпис-лазурит) –  $\text{Na}_2\text{Ca}_2[\text{AlSiO}_4]_6[\text{SO}_4\text{S,Cl}_2]$ . Название дано Бреггером в 1890 г за лазурно-синий цвет.

Сингония – кубическая. Кристаллы редки; встречается в виде зерен в породе и в сплошных массах.

цвет: небесно-синий или голубой;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный до жирного;  
твердость: 5.5-6;  
спайность: несовершенная; излом неровный;  
плотность: 2.4-2.9 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: при действии азотной или соляной кислоты обесцвечивается и выделяет сероводород, легко определяемый по запаху; неустойчив к нагреванию.

Диагностические признаки: цвет, высокая твердость, реакция на азотную и соляную кислоты (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: контактовое (в известняках).

Применение: в качестве поделочного камня и для приготовления синей краски.

### Группа топаза

**Топаз** –  $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F,OH})_2$ . Название происходит от древнегреческого наименования острова Топазос в Красном море, означающего «искать», т.к. остров часто был закрыт туманом.

Сингония – ромбическая. Кристаллы имеют форму семигранной призмы, грани призмы покрыты продольной штриховкой (рис. 65). Агрегаты представляют сплошные зернистые и плотные массы.

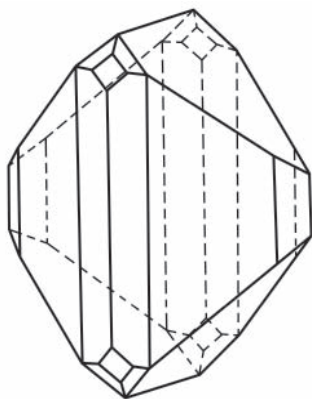


Рис. 65. Кристалл топаза

цвет: винно-желтый, нежно-голубой, синий, зеленоватый, розоватый, красный, иногда окраска распределяется секториально: в одном кристалле можно видеть, например, голубую и розовую;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый;  
твердость: 8;  
спайность: совершенная в одном направлении;  
плотность: 3.5-3.6 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: хрупкий, прозрачный.

Диагностические признаки: форма кристаллов, неметаллический блеск, очень высокая твердость, прозрачность, совершенная спайность в одном направлении (отличие от горного хрусталя) (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: пегматитовое, метаморфическое, экзогенное (в россыпях).

Применение: драгоценный камень; шлифовальный порошок; в качестве опорных камней в точных приборах.

## Группа берилла

**Берилл** –  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ . Название дано (около 315 г. до н.э.) от греческого слова «бериллос», применявшегося ко всем зеленым драгоценным камням. **Изумруд** – ярко-зеленый, травяно-зеленый. **Аквамарин** – синева-голубой (цвет морской волны). **Воробьевит** – розовый. **Гелиодор** – желтый, прозрачный.

Сингония – гексагональная. Форма кристаллов – удлиненная призма, часто со штриховкой (рис. 66); сплошные зернистые массы, друзы.

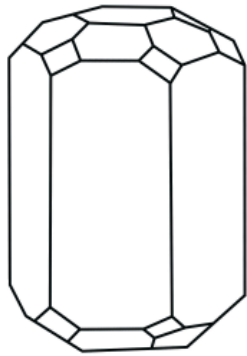


Рис. 66. Кристалл берилла

цвет: бледно-зеленый, изумрудно-зеленый, винно-желтый, розовый, синева-голубой, иногда бесцветный;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный;  
твердость: 7.5-8;  
спайность: отсутствует; излом неровный, часто раковистый;  
плотность: 2.6-2.9 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: от похожего по форме кристаллов апатита отличается большей твердостью; от топаза – отсутствием спайности (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: пегматитовое, метаморфическое, экзогенное (в россыпях).

Применение: в ювелирном деле как драгоценный камень (изумруд, аквамарин); абразивный материал; руда на бериллий.

## Группа оливина

**Оливин** –  $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$ . Название дано за оливково-зеленый цвет. **Хризолит (перидот)** – прозрачный, зеленый оливин ювелирного качества.

Сингония – ромбическая. Кристаллы редки (рис. 67), чаще встречаются зернистые агрегаты или зерна, вкрапленные в породу.

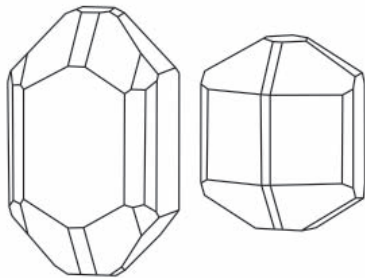


Рис. 67. Кристаллы оливина

цвет: оливково-зеленый, зеленый, зеленова-черный;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный;  
твердость: 6.5-7;  
спайность: несовершенная; излом раковистый до ступенчатого;  
плотность: 3.3-3.4 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: в соляной и серной кислотах разлагается с выделением студневидного кремнезема; замещается серпентинитом.

Диагностические признаки: цвет, высокая твердость, отсутствие спайности (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: магматическое.

Применение: хризолит используется в ювелирном деле, оливин применяется для изготовления огнеупорных кирпичей и как магнизальное удобрение.

## Группа амфиболов

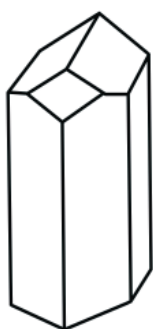
Название «амфибол» произошло от греческого слова «амфиболос» – двойственный, из-за переменного состава и различного габитуса. Амфиболы – распространенные порообразо-

зующие минералы. Общая схематическая формула –  $R_7(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ , где  $R = \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}^{2+}$ . Кроме того, в состав амфиболов могут входить  $\text{Al}, \text{Fe}^{3+}$ .

Амфиболы кристаллизуются в ромбической и моноклинной сингониях. Кристаллы амфиболов обычно сильно удлинённые до игольчатых, часто в виде волокон (асбестовидные). Крупные кристаллы – гексагонального габитуса. Поперечные сечения имеют гексагональную форму. Для амфиболов весьма характерна совершенная спайность под углом около  $120^\circ$ , на плоскостях спайности наблюдается сильный перламутровый блеск.

**Актинолит** –  $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5(\text{OH}, \text{F})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ . Название происходит от греческих слов «актис» – луч и «литос» – камень, за радиально-лучистый характер агрегатов. Разновидности: **актинолит-асбест** и **нефрит**. Последний, по сравнению с тремолитовым нефритом, окрашен в более яркий зелёный цвет и чаще встречается.

Сингония – моноклинная. Кристаллы узкопластинчатые до широкопластинчатых (рис. 68). Агрегаты шестоватые, волокнистые, массивные, зернистые.



цвет: от светло- до темно-зеленого;  
цвет черты: белый, бледно-зеленый;  
блеск: стеклянный, тусклый (нефрит), шелковистый (асбест);  
твёрдость: 5-6;  
спайность: совершенная;  
плотность: 3.0-3.4 г/см<sup>3</sup>

Рис. 68. Кристалл актинолита

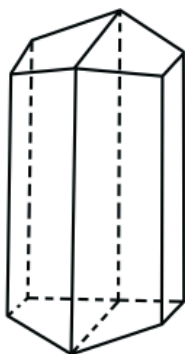
Диагностические признаки: по перечисленным свойствам (прил. 1, табл. 1, 6).

Происхождение: метаморфическое, контактово-метасоматическое.

Применение: нефрит используется как поделочный камень.

**Роговая обманка** –  $\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})[\text{AlSi}_3\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ . Название дано в 1789 г. Вернером и происходит от древнегерманского слова, обозначающего любой темный минерал призматического габитуса, «хорн» – рог и «бленде» – маскировать, обманывать. **Обыкновенная роговая обманка** – темно-зеленого цвета. **Базальтическая роговая обманка** – черного цвета. **Уралит** – волокнистая обманка, образовавшаяся за счет пироксенов, главным образом, авгита.

Сингония – моноклинная. Кристаллы призматические с гексагональным сечением, столбчатые, реже изометрического габитуса (рис. 69), иногда двойники, волокнистые формы. Агрегаты сплошные от крупно- до мелкозернистых.



цвет: темно-зеленый, темно-бурый, черный;  
цвет черты: зеленый разных оттенков;  
блеск: стеклянный, матовый;  
твёрдость: 5.5-6;  
спайность: совершенная по призме под углом  $124^\circ$ ; излом от ступенчато-неровного до занозистого;  
плотность: 3.1-3.3 г/см<sup>3</sup>

Рис. 69. Кристалл роговой обманки

Диагностические признаки: от пироксенов отличается формой кристаллов и спайностью (прил. 1, табл. 6).

Происхождение: магматическое, пегматитовое, метаморфическое.



**Тремолит** –  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH},\text{F})_2$ . Назван по месту находки в долине Тремоль, южнее Сен-Готарда (Швейцария). **Нефрит** – плотный, скрытокристаллический белого или зеленого цвета. **Тремолит-асбест (биссолит)** – тонковолокнистый, мягкий, волокна обычно длинные.

Сингония – моноклинная. Кристаллы тонкие или короткие игольчатые (рис. 70). Агрегаты лучистые или массивные.



цвет: бесцветный, зеленый разных оттенков;  
 цвет черты: белый, бледно-зеленый;  
 блеск: стеклянный, тусклый (нефрит), шелковистый (асбест);  
 твердость: 5-6;  
 спайность: совершенная; излом ступенчатый, неровный до раковистого (нефрит) и занозистого (нефрит, асбест);  
 плотность: 2.9-3.2 г/см<sup>3</sup>

Рис. 70. Кристалл тремолита

Диагностические признаки: по перечисленным свойствам; от турмалина и эпидота тремолит отличается меньшей твердостью (прил. 1, табл. 1, б).

Происхождение: метаморфическое, контактово-метасоматическое.

Применение: нефрит – в ювелирном деле; волокнистая разновидность используется как асбест.

### Группа серпентина-каолинита

**Серпентин** (змеевик) –  $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ . Название группы минералов, главный из которых – **антигорит**  $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , **лизардит**  $\text{Mg}_3(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$ , **хризотил**  $\text{Mg}_3(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$ . Слово «серпентин» произошло от латинского «серпес» – змея, из-за гладкой, блестящей поверхности, напоминающей кожу змеи. **Офит** – плотный, скрытокристаллический, слабо просвечивающий. **Антигорит** – листоватый, чешуйчатый серпентин (рис. 71), легко разделяется на листочки, спайность весьма совершенная. **Хризотил-асбест** – тонковолокнистые разновидности.

Сингония – моноклинная. Сплошные плотные микрокристаллические агрегаты, могут быть с прожилками асбеста.

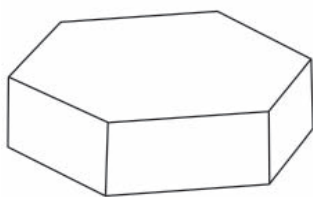


Рис. 71. Кристалл антигорита

цвет: желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного, желтый, часто наблюдается изменение окраски в разных частях образцов;  
 цвет черты: белый;  
 блеск: жирный, восковой, шелковистый (волокнистый серпентин);  
 твердость: серпентин 2.5-3; антигорит 3.5; офит 2;  
 спайность: отсутствует;  
 плотность: 2.5-2.6 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: разлагается в серной и соляной кислотах с выделением кремнезема.

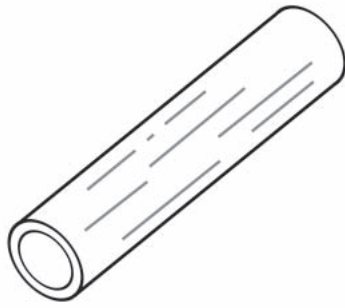
Диагностические признаки: неметаллический блеск, средняя твердость, зеленый цвет, отсутствие спайности, изменение окраски в разных частях образца (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: при гидротермальном изменении ультраосновных и контактово-изменении карбонат-магнезиальных пород.

Применение: офит и красиво окрашенный обыкновенный серпентин находят применение в качестве поделочного и декоративного материала.

**Хризотил-асбест** (змеевиковый асбест, горный лен) –  $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ . Название дано от греческого слова «хрисос» – золотой и «тилос» – волокно, из-за шелковистого, иногда с золотистым оттенком блеска хризотил-асбеста.

Сингония – моноклинная. Агрегаты тонковолокнистые с легко отделяющимися гибкими волокнами (рис. 72).



цвет: зеленовато-желтый, белый;  
цвет черты: белый;  
блеск: шелковистый;  
твердость: 2.5;  
спайность: весьма совершенная;  
плотность: 2.6 г/см<sup>3</sup>

Рис. 72. Кристалл хризотил-асбеста

Прочие свойства: легко расщепляется на тонкие волокна; обладает огнестойкостью и щелочупорностью; плохой проводник тепла, электричества и звука.

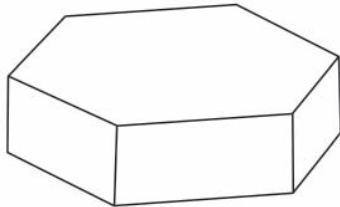
Диагностические признаки: светлая окраска в распушенном виде снежно-белый, неметаллический блеск, тонковолокнистые агрегаты.

Происхождение: при гидротермальном изменении ультраосновных и контактовом изменении карбонатно-магнезиальных пород.

Применение: кислотно-щелочностойкий материал, имеет тепло- и электроизоляционные свойства, стойкий к морской соли. Асбест используется в строительной, автомобильной, химической, электротехнической и других отраслях промышленности, в космонавтике.

**Каолинит** –  $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ . Название дано Джонсоном в 1867 г. от китайского названия хребта Каолинг (Высокая гора) в районе Яучау (КНР), где был обнаружен минерал. **Твердый каолин** (**каменный мозг**, **галлуазит**) – плотный, более твердый, чем обычный каолинит. **Фарфоровая глина** по составу отвечает чистому каолину, без примесей железа. **Огнеупорная глина** содержит свободные гидраты окиси алюминия и иногда в небольшом количестве слюду; до прокаливания имеет серый или черный цвет, после прокаливания – белый.

Сингония – моноклинная. Землистые, плотные агрегаты с величиной тонкочешуйчатых индивидов до 1 мкм и меньше (рис. 73).



цвет: белый (без примесей): желтовато-коричневый до бурого, серый;  
цвет черты: белый;  
блеск: жирный, восковой, матовый;  
твердость: 1,  
спайность: весьма совершенная;  
плотность: 2.6-2.8 г/см<sup>3</sup>

Рис. 73. Кристалл каолинита

Прочие свойства: с водой дает пластичную массу (отличие от боксита): если подышать на каолинит, он издает запах глины; гигроскопичность (липнет к языку).

Диагностические признаки: неметаллический блеск, небольшая твердость, светлая окраска, землистый запах (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: при химическом выветривании алюмосиликатов, особенно полевых шпатов.

Применение: в фарфорово-фаянсовой, химической, бумажной, электроизоляционной, красочной промышленности, в строительстве.

## Группа талька

**Тальк** –  $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ . Название, вероятно, имеет арабское происхождение. **Жировик** (**стеатит**) – сплошной плотный, зернистый; цвет белый, серый, чаще – зеленый различных оттенков, редко розовый. **Горшечный камень** – плотный; смесь талька с хлоритом и со слюдой.

Сингония – моноклинная. Очень редко наблюдается в таблитчатых кристаллах гексагонального и ромбического облика (рис. 74), весьма характерны листоватые, чешуйчатые, мелкозернистые и плотные до скрытокристаллических агрегаты.

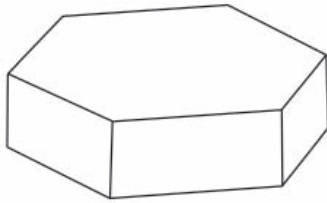


Рис. 74. Кристалл талька

цвет: белый, серовато-белый, светло-зеленый, коричневатый;  
 цвет черты: белый;  
 блеск: жирный до перламутрового;  
 твердость: 1;  
 спайность: совершенная;  
 плотность: 2.7-2.8 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: иногда просвечивает в тонких листочках; жирный на ощупь; листочки гибкие, но не упругие.

Диагностические признаки: неметаллический блеск, небольшая твердость, светлая окраска, жирный на ощупь (прил. 1, табл. 1).

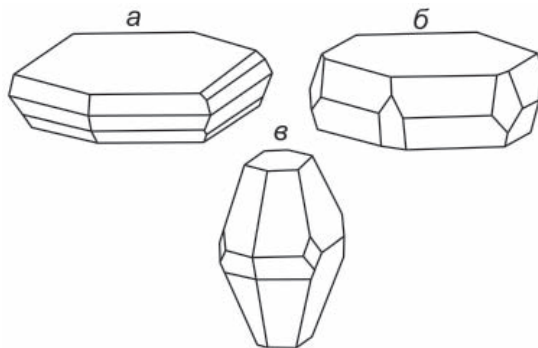
Происхождение: гидротермальное изменение ультраосновных пород, контактово-метасоматическое, метаморфическое.

Применение: кислотно- и огнеупорный материал. Применяется также в бумажной, кожевенной, текстильной, резиновой, косметической, красочной, пищевой промышленности, в медицине, в электронной технике. Стеатит – для электроизоляции и как украшение в ювелирном деле.

### Группа хлорита

**Хлорит** –  $(Mg_{6-x}Al_x)(Si_{4-x}Al_x)O_{10}(OH)_8$ . Хлорит – собирательное название для группы силикатов слоистой структуры зеленого цвета схожих на вид, близких по составу. Наиболее распространенными представителями являются пеннин, клинохлор, шамозит, тюрингит, делессит и др. Название «хлорит» от греческого «хлорос» – зеленый, за окраску.

Сингония – моноклинная. Кристаллы таблитчатые, пластинчатые, бочонковидные (рис. 75). Обычно представлены чешуйчатыми агрегатами, часто в виде присыпок на других минералах, оолиты, натечные, почковидные агрегаты, землистые массы.



цвет: от светло-желтого, почти белого, или слегка зеленоватого до темно-зеленого, почти черного; Ni-хлориты – яблочно-зеленые, Cr-хлориты – розовато-сиреневые;  
 цвет черты: белый до слегка зеленоватого, иногда темно-зеленый;  
 блеск: стеклянный до перламутрового на плоскостях спайности;  
 твердость: от 2-2.5 до 3-3.5;  
 спайность: весьма совершенная;  
 плотность: 2.6 г/см<sup>3</sup>

Рис. 75. Кристаллы хлорита (а, б) и клинохлора (в)

Диагностические признаки: хлориты друг от друга отличаются с помощью специальных методов диагностики (рентгенография, термический анализ, оптика и др.); от слюд – меньшей твердостью, отсутствием упругости спайных пластинок (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: при гидротермальном изменении пород; в корах выветривания; при метаморфизме.

Применение: крупные скопления шамозита, тюрингита – сырье для получения железа, Ni-хлориты – ценные компоненты силикатно-никелевых руд.

### Группа слюд

**Мусковит** –  $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$ . Название произошло от старинного итальянского названия города Москвы – «Муска»; в связи с тем, что мусковит вывозился на Запад через Москву и был известен как «московское стекло». **Серицит** – мелкочешуйчатый светлый мусковит с шелковистым блеском. **Фуксит** – мелкочешуйчатая слюда изумрудно-зеленого цвета с примесью  $Cr^{3+}$ .

Сингония – моноклинная. Кристаллы короткостолбчатые, пластинчатые ромбического или псевдогексагонального сечения (рис. 76). Агрегаты листовато-зернистые, чешуйчатые.

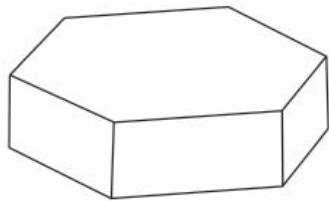


Рис. 76. Кристалл мусковита

цвет: в тонких спайных пластинках бесцветный; в более толстых листах окрашен в серый и темно-серый или розовый цвет, часто с желтоватым, сероватым, зеленоватым или красноватым оттенком;  
 цвет черты: белый до бесцветного, иногда слегка коричневатый;  
 блеск: стеклянный, на плоскостях спайности -перламутровый и серебристый, металловидный («кошачье серебро»);  
 твердость: 2-2.5;  
 спайность: весьма совершенная;  
 плотность: 2.8 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: листочки упруго-гибкие, прозрачные.

Диагностические признаки: неметаллический блеск, небольшая твердость, весьма совершенная спайность, листоватые и чешуйчатые агрегаты, гибкие и упругие листочки (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: магматическое, пегматитовое, метаморфическое, экзогенное (в россыпях).

Применение: в электронной, деревообрабатывающей, металлургической, химической промышленности, в строительстве.

**Флогопит** –  $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH},\text{F})_2$ . Название дано Брейтгауптом в 1841 г. от греческого слова «флогос» – огнеподобный, из-за красноватого оттенка, свойственного этому минералу.

Сингония – моноклинная. Кристаллы столбчатые, коротко- и усеченно-призматические, пластинчатые (рис. 77) с грубой штриховкой на вертикальных гранях; часты двойники. Агрегаты листоватые, чешуйчатые, известны параллельно-волоконистые до асбестовидных (псевдоморфозы по роговой обманке, развивающиеся вдоль их призматической спайности).

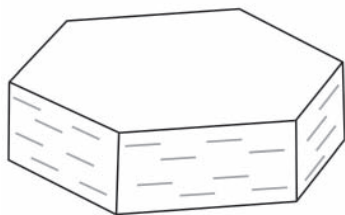


Рис. 77. Кристалл флогопит

цвет: желтовато-коричневый, красновато-коричневый до темно-коричневого, зеленый, иногда бесцветный, желтоватый, зеленоватый; окраска часто пятнистая, зональная;  
 цвет черты белый;  
 блеск: стеклянный до воскового и перламутрового на плоскостях спайности с серебристым, золотистым, медно-красным оттенком;  
 твердость: 2-3;  
 спайность: весьма совершенная;  
 плотность: 2.8-3.0 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: листочки упругие и гибкие, от непрозрачных до прозрачных.

Диагностические признаки: неметаллический блеск, низкая твердость, бурый цвет разных оттенков, весьма совершенная спайность, листоватые и чешуйчатые агрегаты (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: контактово-метасоматическое.

Применение: такое же, как у мусковита.

**Биотит** –  $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH},\text{F})_2$ . Название дано Гаусманном в 1847 г. в честь французского минералога и физика Ж. Биота, изучавшего слюды. **Лепидомелан** – железистый биотит.

Сингония – моноклинная. Кристаллы столбчатые, пирамидальные, пластинчатые гексагонального, ромбического сечения (рис. 78). Агрегаты чешуйчатые, скорлуповато-чешуйчатые, листоватые.

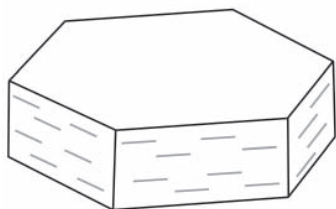


Рис. 78. Кристалл биотита

цвет: темно-коричневый, зеленый или черный, в тонких пластинках обычно дымчатый;  
 цвет черты: коричневый;  
 блеск: стеклянный;  
 твердость: 2-3;  
 спайность: весьма совершенная;  
 плотность: 3.0-3.1 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: в тонких листочках просвечивает, листочки упругие и гибкие.

Диагностические признаки: по перечисленным свойствам; от флогопита в некоторых случаях отличается лишь оптически и рентгенографически (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: магматическое, пегматитовое, метаморфическое, экзогенное (при химическом изменении роговой обманки и авгита).

Применение: для приготовления бронзовой краски и жаростойких масс; дегидратированный разбухший **вермикулит** (бедный калием продукт изменения биотита) используется как теплоизолятор, легкий наполнитель бетона и наполнитель искусственных грунтов в парниках.

### Группа пироксенов

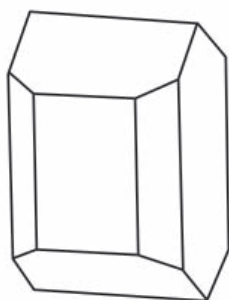
Название «пироксен» дано Гаюи (от греческих слов «пир» – огонь и «ксенос» – чужой) зеленым кристаллам, встречающимся в лавах и неправильно считавшимся им чужеродными. Пироксены очень часто входят в состав горных пород.

Схематическая формула пироксенов  $R_2[Si_2O_6]$ , где  $R = Ca, Mg, Fe^{2+}$ , иногда  $Mn$ . Некоторые пироксены содержат  $Al, Fe^{3+}$  и щелочи, главным образом,  $Na$ .

Пироксены обычно образуют короткостолбчатые кристаллы и зерна с поперечным сечением квадратных очертаний. Трещинки спайности на поперечных сечениях располагаются под углом около  $90^\circ$ .

**Энстатит** –  $Mg_2[Si_2O_6]$ . Название дано Кенготтом в 1855 г. от греческого слова «противодействие», что связано с устойчивостью минерала к нагреванию.

Сингония – ромбическая. Кристаллы призматические, короткостолбчатые (рис. 79). Агрегаты плотные зернистые.



цвет: белый, чаще зеленый различных оттенков до темно-бурого;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный до перламутрового;  
твердость: 5,5;  
спайность: средняя по призме под углом, примерно,  $88^\circ$ ;  
плотность: 3.1–3.5 г/см<sup>3</sup>

Рис. 79. Кристалл энстатита

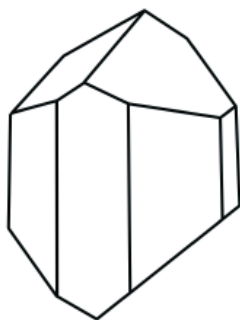
Диагностические признаки: цвет, спайность (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: магматическое, метаморфическое, контактово-метасоматическое, встречается в каменных метеоритах.

Применение: не имеет.

**Авгит** –  $(Ca,Na)(Mg,Fe^{2+}Fe^{3+},Al)[(Si,Al)_2O_5]$ . Название дано Вернером в 1792 г. от греческого слова «блеск». **Обыкновенный авгит** – темно-зеленый, зеленовато-черный. **Базальтический авгит** – в тонких пластинках просвечивает красновато-коричневым цветом.

Сингония – моноклинная. Кристаллы короткостолбчатые, плоские (рис. 80). Агрегаты сплошные зернистые, часто вкрапленники в породе.



цвет: черный, иногда с буроватым оттенком, реже темно-зеленый, бурый;  
цвет черты: светлый, серовато-зеленый;  
блеск: стеклянный;  
твердость: 5-6;  
спайность: средняя по призме под углом, примерно  $88^\circ$ ;  
плотность: 3.2-3.3 г/см<sup>3</sup>

Рис. 80. Кристалл авгита

Диагностические признаки: по перечисленным свойствам (прил. 1, табл. 6).

Происхождение: магматическое, контактово-метасоматическое, метаморфическое.



**Диопсид** –  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Название дано д'Андрадом в 1800 г. от греческих слов «двойной» и «облик» (так как зона вертикальной призмы может быть ориентирована двумя способами). **Хромдиопсид** – прозрачные зерна изумрудно-зеленого цвета.

Сингония – моноклинная. Кристаллы чаще столбчатого, реже таблитчатого облика, двойники (рис. 81). Агрегаты зернистые, шестоватые и радиально-лучистые.

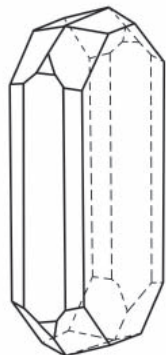


Рис. 81. Кристалл диопсида

цвет: зеленый различных оттенков, редко бесцветный или белый;  
 цвет черты: белый, слегка зеленоватый;  
 блеск: стеклянный;  
 твердость: 5.5-6;  
 спайность: ясная; излом ступенчатый до неровного;  
 плотность: 3.3-3.4 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: от авгита отличается формой кристаллов и обычно более светлым цветом; по перечисленным свойствам (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: контактово-метаморфическое.

Применение: прозрачные разновидности используются как драгоценные камни.

**Эгирин** –  $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Название дано по имени скандинавского бога моря Эгира, т.к. минерал впервые был обнаружен в Норвегии. **Акмит** – красновато-бурый.

Сингония – моноклинная. Кристаллы игольчатые, длиннопризматические (рис. 82) в виде вкрапленников в породе. Агрегаты радиально-лучистые, спутанно-волокнистые; сферолиты.



Рис. 82. Кристалл эгирина

цвет: черный, зеленый, светло-зеленый, зеленовато-черный, иногда бурый, бесцветный;  
 цвет черты: светло-зеленый;  
 блеск: стеклянный;  
 твердость: 5.5-6;  
 спайность: ясная под углом 87°;  
 плотность: 3.4-3.6 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: форма кристаллов, цвет, цвет черты (прил. 1, табл. 6).

Происхождение: магматическое, пегматитовое.

Применение: не имеет.

### Группа эпидота

**Эпидот** –  $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3(\text{OH})[\text{Si}_3\text{O}_{12}]$ . Название дано Гаюи в 1801 г. от греческого слова «увеличение» (т.к. в основании вертикальной призмы одна сторона длиннее другой). **Тулит** – светло-розовый; **пьемонтит** – красно-бурый, темный; **танзанит** – яркая фиолетово-голубая окраска, плеохроирующая до розового цвета.

Сингония – моноклинная. Кристаллы часто истрихованы вдоль удлинения (рис. 83). Агрегаты зернистые радиально-лучистые, шестоватые, веерообразные и соломовидные.

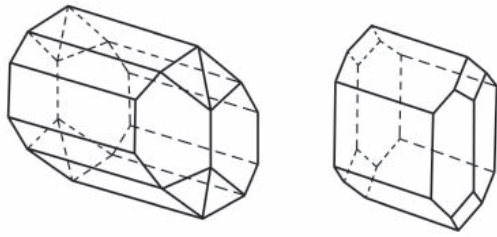


Рис. 83. Кристаллы эпидота

цвет: фисташково-зеленый, темно-зеленый, серый, черный;  
 цвет черты: белый, сероватый до светлого фисташкового; у пьомонтита – вишнево-красная;  
 блеск: стеклянный до смоляного, на плоскостях спайности до перламутрового;  
 твердость: 6.5–7;  
 спайность: совершенная;  
 плотность: 3.4–3.5 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: цвет; от турмалина и граната отличается наличием совершенной спайности, структурой агрегатов, формой кристаллов (прил. 1, табл. 2).

Происхождение: метаморфическое, контактово-метасоматическое.

Применение: второстепенный драгоценный камень.

### Группа турмалина

**Турмалин** – боросиликат сложного состава. Он объединяет несколько минеральных видов общей формулы  $X_1Y_3Z_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH)_4$ , где  $X=Ca, Na$ ;  $Y=Mg, Li, Al, Fe^{2+}, Mn$ ;  $Z=Al, Fe^{3+}, Cr$ . По составу турмалин представляет изоморфную смесь, в которой конечные члены: **дравит**, **шерл**, **эльбаит**. Название турмалина произошло от сингалезского «турмали». Этот термин ювелиров Цейлона первоначально относился к циркону и другим драгоценным камням. **Рубеллит** – турмалин красного и розового цвета. **Индиголит** – синий. **Верделит** – зеленый. **Сибирит** – малиново-фиолетовый. **Дравит** – коричневый. **Ахроит** – бесцветный. **Шерл** – черный.

Сингония – тригональная. Кристаллы столбчатые, часто одиночные, грубо истрихованные по длине; поперечное сечение кристаллов представляет собой сферический треугольник (рис. 84). Агрегаты шестоватые, радиально-лучистые, спутанно-игольчатые до волокнистых и асбестовидных.

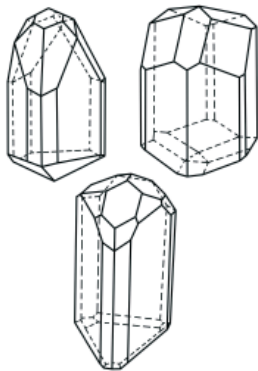


Рис. 84. Кристаллы турмалина

цвет: бесцветный, зеленый, малиновый, розовый, синий, желтый, коричневый, черный; характерно зональное распределение окраски;  
 цвет черты: белый;  
 блеск: стеклянный до шелковистого у турмалин-асбестов;  
 твердость: 7–7.5;  
 спайность: отсутствует; излом неровный;  
 плотность: 3.0–3.2 г/см<sup>3</sup>

Прочие свойства: хрупок; нестоек к нагреванию; при трении заряжается статическим электричеством.

Диагностические признаки: цвет черты, часто вертикальная штриховка и форма поперечного сечения кристаллов в виде сферического треугольника; от пироксенов, амфиболов и эпидота турмалин отличается отсутствием спайности и более высокой твердостью (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: пегматитовое, гидротермальное, метаморфическое, экзогенное (в россыпях).

Применение: розовые турмалины используются в качестве цветного драгоценного камня.

### Группа гранатов

Это обширная группа минералов с общей схематической формулой  $R_2^{2+} R_3^{3+} [TO_4]_3$ , где  $R^{2+}=Ca, Mg, Fe^{2+}, Mn$ , реже  $Na, K$ ;  $R^{3+}=Al, Fe^{3+}, Cr, Mn$ , реже  $V, Ti^{3+}, Zr$ , иногда TR.  $T=Si$ , в небольшой степени  $Al, Fe^{3+}, Ti^{4+}$ . По катионам типа  $R^{2+}$  и  $R^{3+}$  выделяют три главных подгруппы гранатов:

- 1) кальциевые – гроссуляр, андрадит, уваровит;
- 2) алюминиевые – спессартин, альмандин, пироп, гроссуляр (попадает в две подгруппы);
- 3) титатистые – разновидности андрадита (меланит и шерломит).

**Гранаты** представляют изоморфный ряд: **пироп** –  $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$ , **альмандин** –  $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$ , **спессартин** –  $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$ , **гроссуляр** –  $Ca_3Al_2[SiO_4]_2$ , **андрадит** –  $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$ , **уваровит** –  $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$ . Название «гранат» произошло от латинского слова «гранатовое яблоко», зерна которого он напоминает.

Сингония – кубическая. Кристаллы представлены ромбическими октаэдрами, тетрагон-триоктаэдрами (рис. 85) и др., иногда образуют сплошные зернистые массы.

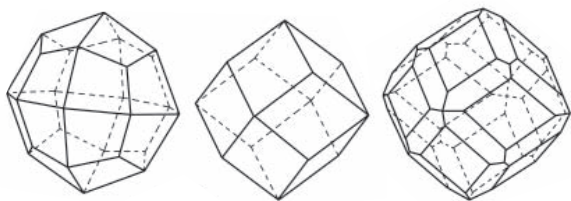


Рис. 85. Кристаллы граната

цвет: бесцветный, зеленый разных оттенков (гроссуляр), от оранжево-красного до темно-красного (пироп), красно-коричневый (андрадит), розовый до оранжево-красного и красно-коричневого (спессартин), фиолетово-красный (альмандин), изумрудно-зеленый (уваровит); окраска иногда пятнистая, зональная; не встречается только синий цвет;  
 цвет черты: белый или светлых разных оттенков;  
 блеск: стеклянный, жирный, смоляной до алмазного;  
 твердость: 6.5-7.5;  
 спайность: отсутствует; излом раковистый, неровный;  
 плотность: 3.4-4.6 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: форма кристаллов, высокая твердость, отсутствие спайности (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: магматическое, пегматитовое, контактово-метасоматическое, метаморфическое, экзогенное (в россыпях).

Применение: прозрачные и полупрозрачные разновидности применяются в ювелирном деле; в качестве абразивов.

### Группа дистена

**Дистен** (кианит) –  $Al_2[SiO_4]O$ . Название дано Вернером в 1789 г. по цвету минерала и происходит от греческого слова «голубой» (кианит).

Сингония – триклинная. Кристаллы вытянутые, уплощенные, часто изогнутые, грубо исштрихованы вдоль удлинения и тонко исштрихованы перпендикулярно к удлинению (рис. 86). Агрегаты радиально-лучистые, жилковатые.



Рис. 86. Кристалл дистена

цвет: голубой или синий разных оттенков, зеленый, желтый, бурый (из-за включений гематита), реже бесцветный, серый, черный (тончайшие включения графита, магнетита);  
 цвет черты: белый;  
 блеск: стеклянный до перламутрового на плоскостях спайности;  
 твердость: 5.5 – (параллельно удлинению), 7 – (перпендикулярно удлинению);  
 спайность: совершенная по удлинению;  
 плотность: 3.5–3.6 г/см<sup>3</sup>

Диагностические признаки: по перечисленным свойствам (прил. 1, табл. 1).

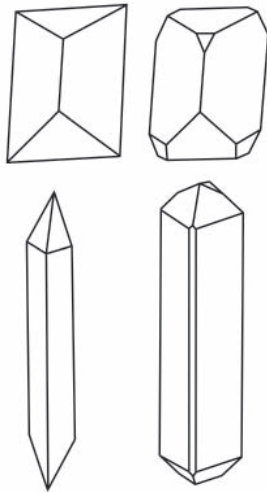
Происхождение: метаморфическое.

Применение: для производства жаропрочной керамики.

## Группа сфена

**Сфен** (титанит) –  $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$ . Название «сфен» было дано Гаюи в 1801 г. от греческого слова «клин» (из-за характерной формы сечения кристаллов). «Титанит» назван Клапортом в 1795 г. по составу минерала.

Сингония – моноклинная до игольчатых (рис. 87), двойники, более характерны одиночные кристаллы. Зернистые сплошные массы, шестоватые, радиально-лучистые до тонкоигольчатых и спутано-волокнистых агрегатов, сферолиты.



цвет: черного; оранжевый, золотистый, серый, зеленоватый, травяно-зеленый;  
цвет черты: белый до красноватого;  
блеск: стеклянный до шелковистого в спутано-волокнистых агрегатах, алмазный;  
твердость: 5-6;  
спайность: совершенная;  
плотность: 3.5-3.6 г/см<sup>3</sup>

Рис. 87. Кристаллы сфена

Диагностические признаки: обычны клиновидные и пластинчатые кристаллы коричневатого цвета; от сходных по внешнему виду минералов отличается формой кристаллов; от граната – наличием спайности и меньшей твердостью (прил. 1, табл. 1).

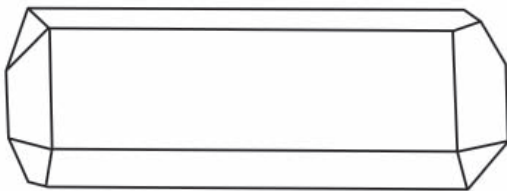
Происхождение: магматическое, метаморфическое, экзогенное.

Применение: руда на титан.

\* \* \* \* \*

**Волластонит (досчатый шпат)** –  $\text{Ca}_3\text{Si}_3\text{O}_9$ . Название дано в честь английского минералога и химика В.Волластона.

Сингония – триклинная. Кристаллы таблитчатые или короткопризматические (рис. 88). Агрегаты массивные, волокнистые или плотные.



цвет: белый, сероватый, желтоватый, реже серый, мясо-красный;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный до перламутрового на плоскостях спайности;  
твердость: 4,5–5;  
спайность: совершенная по призме;  
плотность: 2.8–2.9 г/см<sup>3</sup>

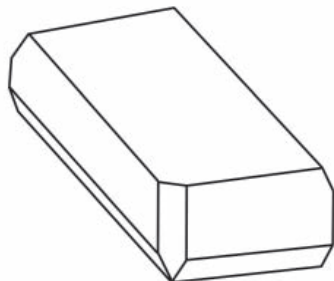
Рис. 88. Кристалл волластонита

Диагностические признаки: форма кристаллов, цвет, блеск; от тремолита отличается характером спайности (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: контактово-метаморфическое, метаморфическое.

**Родонит** (орлец) –  $\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$ . Название ввел в 1819 г. Яше как производное от греческого слова «розовый».

Сингония – триклинная. Кристаллы редки и имеют призматический или таблитчатый облик (рис. 89). Агрегаты плотные, тонкозернистые.



цвет: малиновый, розовый, часто пронизан черными прожилками и пятнами;  
цвет черты: белый;  
блеск: стеклянный до перламутрового;  
твердость: 5.5-6.5;  
спайность: совершенная;  
плотность: 3.4-3.7 г/см<sup>3</sup>

Рис. 89. Кристалл родонита

Диагностические признаки: розовый цвет, черные дендриты и корки вторичных гидрооксидов марганца (прил. 1, табл. 1).

Происхождение: метаморфическое.

Применение: поделочный камень.

### Контрольное задание

1. В 5-ти предложенных образцах из контрольной коллекции определить минералы по следующему плану: цвет, цвет черты, блеск, твердость, спайность, излом, прозрачность, пожегалость и особые свойства (если они имеются). Назвать минералы.



## Глава 4. Основы петрографии

*Петрография* – это наука, изучающая горные породы, их состав, структуру, условия образования и залегания.

*Горными породами* называют минеральные агрегаты определенного состава и строения, сформировавшиеся в результате геологических процессов и залегающие в земной коре в виде самостоятельных тел. По происхождению горные породы разделяются на три типа: магматические (магматиты), метаморфические (метаморфиты) и осадочные. Дальнейшее подразделение, пород производится по различным сочетаниям структурно-вещественных признаков, отмечаемых для каждого типа. Различные генетические группы пород связаны между собой в едином природном геологическом цикле (рис. 90).

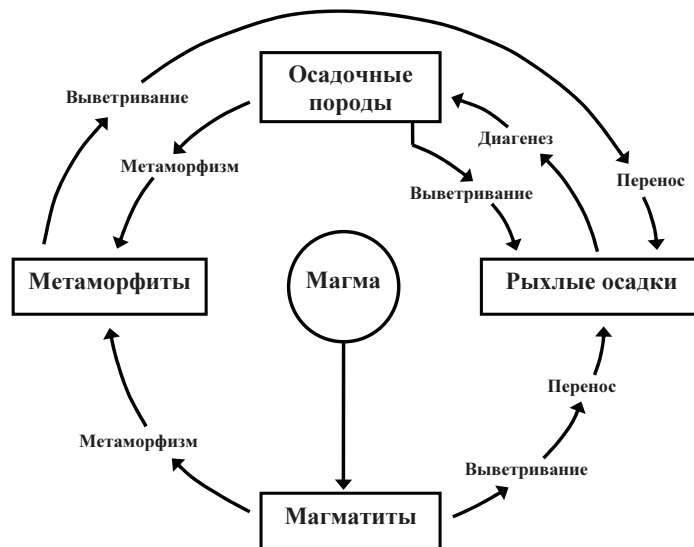


Рис. 90. Геологический цикл формирования горных пород

Горные породы по-разному принимают участие в строении земной коры материкового и океанического типов (рис. 91). Соотношение горных пород в составе верхней части земной коры до глубины 16 км составляет: магматических – 95%, метаморфических – 4%, осадочных – 1% (Шуман В., 1986).

Внутреннее строение горных пород характеризуется структурой и текстурой. Под *структурой* понимают особенность внутреннего строения горной породы, обусловленное размерами, формой и взаимоотношениями ее составных частей. *Текстуру* породы определяет распределение ее составных частей в пространстве.

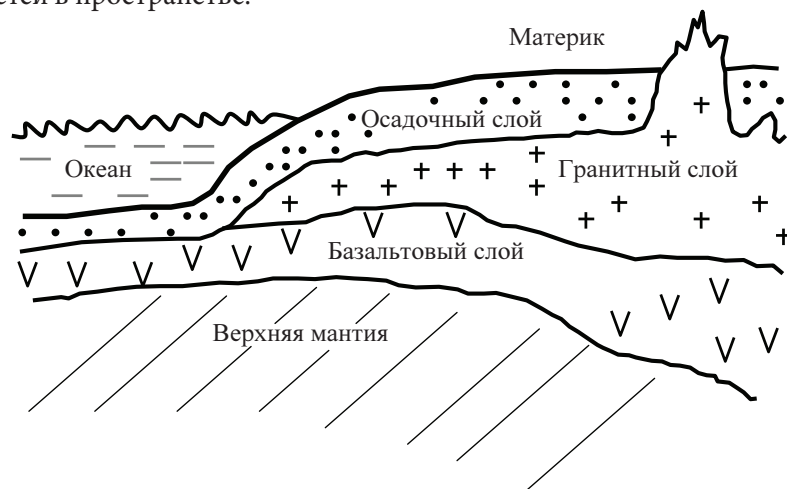


Рис. 91. Строение материкового и океанического типов земной коры

## 4.1. Магматические горные породы

Магматические горные породы образуются в результате застывания и кристаллизации магмы при внедрении ее в земную кору или при выходе на поверхность в процессе извержения вулканов. Фациальные условия образования (глубина и скорость формирования) магматических пород отражаются в их структуре и условиях залегания, в связи с чем выделяют класс плутонических (интрузивных) и класс вулканических (эффузивных) пород. *Интрузивные* разновидности образуются на больших глубинах (от 0.5 до 5 км и более) при относительно длительной кристаллизации магматического расплава. *Эффузивные* породы являются продуктами кристаллизации магмы, вышедшей на земную поверхность по вулканическим каналам в течение короткого промежутка времени.

Для *интрузивных* пород наиболее характерными являются массивная, полосчатая, пятнистая и другие *текстуры*, которые распознаются при макроскопических исследованиях. Визуально хорошо различаются следующие *структуры*:

- 1) афанитовая – отдельные зерна породы неразличимы;
- 2) мелкозернистая – размер кристаллических зерен в поперечнике меньше 1.0 мм;
- 3) среднезернистая – размер зерен от 1.0 до 5.0 мм;
- 4) крупнозернистая – размер зерен от 5.0 до 10.0 мм;
- 5) гигантозернистая – размер зерен более 10.0 мм.

Структуры могут быть равномернозернистыми и неравномернозернистыми. К последним относится и порфириовидная структура, образованная крупными кристаллическими зернами в мелкозернистом кристаллическом агрегате. Графическая (пегматитовая) структура представляет закономерное прораствание калиевого полевого шпата вростками кварца клиновидной формы.

*Текстуры эффузивных* пород чаще всего бывают массивными, полосчатыми, флюидальными, пятнистыми, пузыристыми или миндалекаменными. Массивная текстура характеризуется сплошным и равномерным выполнением пространства породообразующими минералами без закономерностей в распределении составных частей и без каких-либо пустот и прожилков. Текстура, образованная субпараллельным (потокообразным) расположением удлиненных по форме минералов, называется флюидальной. Флюидальность отличается крайней невыдержанностью, когда отдельные «слои» на небольшом расстоянии меняются по толщине, прерываются, изгибаются в различные по форме и размерам складки. Пузыристая (пористая) текстура определяется при наличии в породе большого количества полых пустот. Если пустоты напоминают по форме зерна миндаля, заполнены опалом, халцедоном, карбонатами или цеолитами, тогда текстура будет называться миндалекаменной.

Типичными *структурами эффузивных* пород является порфириовая, характеризующаяся наличием в мелкозернистой или скрытокристаллической основной массе отдельных крупных кристаллов порфириовых выделений и афировая, свойственная породам, в которых нет вкрапленников.

По содержанию кремнекислоты ( $\text{SiO}_2$ ) все магматические породы подразделяются на четыре группы (Петрографический кодекс..., 1995):

ультраосновные породы	– 30–45%;
основные породы	– 45–53%;
средние породы	– 53–64%;
кислые породы	– 64–78%

В пределах групп, по *относительному количеству цветных минералов* в горной породе в объемных процентах (цветной индекс М), могут выделяться:

ультрамафические породы	– $M > 70\%$ ;
мафические породы	– $70\% > M > 30\%$ ;
мафисалические породы	– $30\% > M > 20\%$ ;
салические породы	– $M < 20\%$ .

Магматические горные породы характеризуются исключительным разнообразием и в настоящее время известно около тысячи их разновидностей. Сравнительно широко распространены около ста магматических пород, однако относительная распространенность пород различного состава неодинакова.

Характеристика наиболее распространенных магматических пород представлена в таблице 2 (прил. 5, 6).

Таблица 2

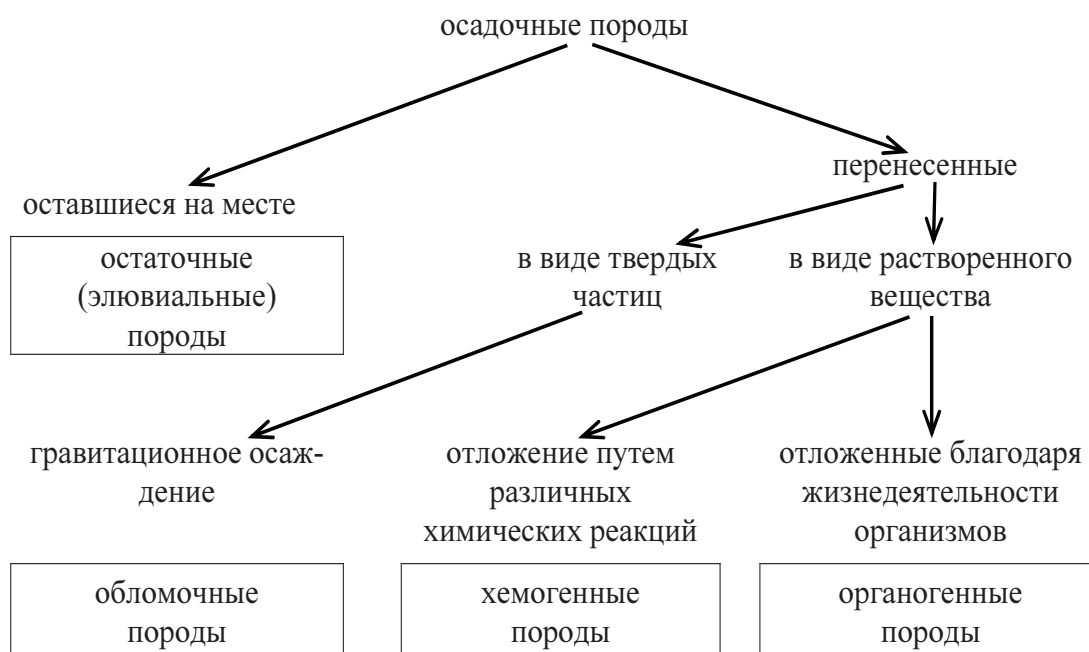
## Характеристика наиболее распространенных магматических пород

Группа пород	Плутонические породы. Структуры полно-кристаллические	Вулканические породы. Структуры порфировые и афировые	Минеральный состав		Кол-во цветных минералов (М), %	Окраска
			Породообразующие минералы	Акцессорные минералы		
ультраосновные	дунит, перидотит, пироксенит	пикрит, кимберлит, меймечит	оливин, пироксены, часто интенсивное развитие серпентина	магнетит, хромит; пироп, ильменит, алмаз в кимберлитах	до 100	зеленовато-серая, темно-серая, черная, темно-зеленая
основные	габбро	базальт	основной плагиоклаз, пироксены, реже роговая обманка, биотит, оливин	апатит, ильменит, магнетит, хромит, пирротин, пентландит	до 50	серая, темно-серая, черная
средние	диорит	андезит	средний плагиоклаз, роговая обманка, кварц (менее 5% или нет), биотит	апатит, магнетит, сфен	25–35	серая, темно-серая, зеленовато-серая, часто пестрая
	сиенит, нефелиновый сиенит	трахит, фонолит	натрий-калиевые полевые шпаты, кислый плагиоклаз, биотит, роговая обманка, пироксены; нефелин	титаномагнетит, апатит, циркон, сфен	10–20	серая, светло-серая, розоватая, красноватая
кислые	гранит; пегматит – жильная порода	липарит (риолит); пемза – пористое вулканическое стекло, обсидиан – плотное вулканическое стекло	кварц (до 50 %), натрий-калиевые полевые шпаты, плагиоклазы, биотит, мусковит, роговая обманка	апатит, циркон, рутил, ксенотим, монацит, сфен	5–15	белая, светло-серая, розоватая, буроватая, красноватая

Топонимическое значение петрографических разновидностей пород: дунит – по горе Дун в Новой Зеландии, кимберлит – по горе Кимберли в Южной Африке, меймечит – по реке Меймеча в Восточной Сибири, габбро – по местности в Северной Италии, андезит – по горной цепи Анды в Южной Америке, липарит – по острову Липари в Тирренском море.

## 4.2. Осадочные горные породы

Осадочные горные породы образуются на поверхности Земли в результате накопления различных минеральных веществ на дне морей, океанов, в озерах, реках, болотах и на суше. В зависимости от условий образования и от факторов, способствовавших накоплению минерального вещества, осадочные породы можно подразделить на генетические группы по следующей схеме:



По способу образования минерального вещества осадочные породы делятся на обломочные, состоящие из обломков минералов и горных пород; органогенные, в основе которых находятся твердые части организмов и продуктов их жизнедеятельности и хемогенные, представленные минералами, сформировавшимися химическим путем. Между этими группами нет четких границ. Особенно часто породы смешанного происхождения встречаются среди органогенных и хемогенных.

Среди осадочных горных пород структуры выделяют по величине обломков – псефитовые, псаммитовые, алевритовые, пелитовые (табл. 3). Для псефитов выделяются структуры по размерам и по форме обломков (рис. 92, 93); валунную – глыбовую, галечную – щебенчатую, гравийную – дресвяную. Для псаммитовой группы принято деление на грубую, крупную, среднюю и мелкую песчаные структуры. Для пород химического происхождения часто устанавливаются кристаллические или аморфные структуры, а также оолитовые – для пород, сложенных округлыми концентрически-зональными стяжениями размером 1–2 мм. Для органогенных характерны либо биоморфные структуры, если порода состоит из целых раковин или других остатков скелетов, либо детритовые, когда остатки организмов оказываются перетертыми или раздробленными.

В зависимости от соотношений зерен по размеру выделяют равно-, и разнозернистые структуры. По форме минералов, слагающих породы, выделяют игольчатые и волокнистые структуры.

**Классификация обломочных пород, по Л.В. Рухину  
(Пособие к лабораторным..., 1988)**

Группы горных пород	Размеры обломков, мм		Рыхлые породы		Сцементированные породы	
	крупные	средние	с окатанными обломками	с неокатанными обломками	с окатанными обломками	с неокатанными обломками
грубообломочные породы (псефиты)	крупные	200	валуны	глыбы	валунные конгломераты	глыбовые брекчии
	средние	200-10	галечники	щебень	конгломераты	брекчии
	мелкие	10-2	гравий	дресва	гравийные конгломераты	
песчаные породы (псаммиты)	грубые	2-1	пески грубозернистые		песчаники грубозернистые	
	крупные	1-0,5	пески крупнозернистые		песчаники крупнозернистые	
	средние	0,5-0,25	пески среднезернистые		песчаники среднезернистые	
	мелкие	0,25-0,1	пески мелкозернистые		песчаники мелкозернистые	
алеuritовые породы (алеуриты)	0,1-0,01		алеуриты		алеуриты	
глинистые породы (пелиты)	менее 0,01		глины (физические)		аргиллиты	



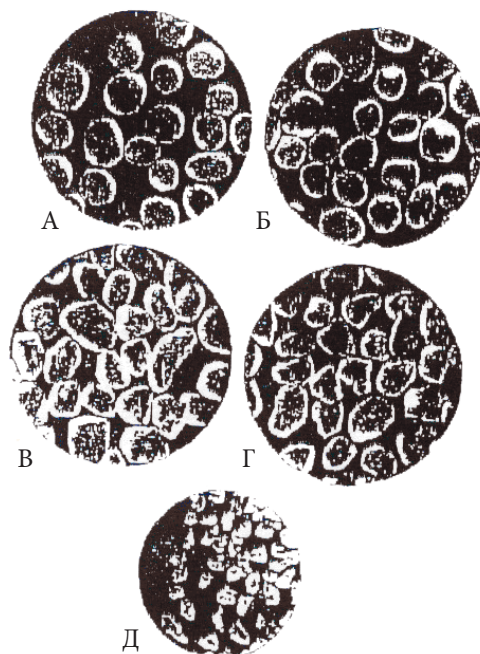


Рис. 92. Степень окатанности зерен, по М.П. Казакову (Яковлев С.А., 1955):  
 А – совершенно окатанные; Б – хорошо окатанные; В – средне окатанные;  
 Г – слабо окатанные – увеличение  $20\times$ ; Д – угловатые – увеличение  $10\times$

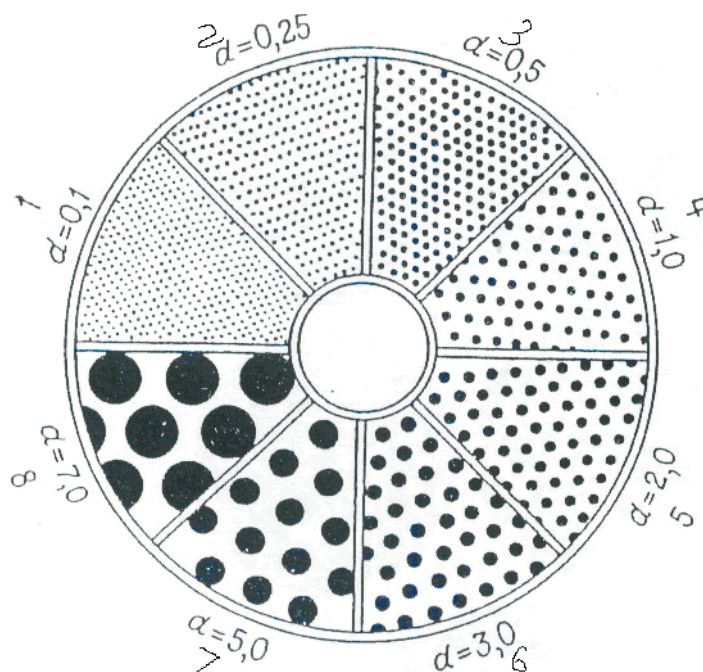


Рис. 93. Диаграмма для определения зерен, по М.М. Васильевскому (Яковлев С.А., 1955)

Текстуры осадочных пород разнообразны. Наиболее часто встречаются слоистые текстуры, когда в породе четко различаются слои по цвету, составу или крупности зерен; массивные – закономерности в расположении составных частей не устанавливаются; пятнистые – отдельные окрашенные составные части породы образуют обособления в виде пятен.

Большинству осадочных пород свойственна *слоистость* (рис. 94). Она чрезвычайно многообразна: слои могут быть гигантскими и микроскопическими, параллельными и перекрестными, горизонтальными и косыми, волнистыми и т.д. Слой представляет собой осадочную единицу, сформировавшуюся в существенно не менявшихся физических условиях и он может обладать внутренней текстурой, т.е. состоять из более мелких единиц-слояков. Горизонтальная слоистость возникает при осаждении осадка в условиях спокойной среды при временном изменении условий седиментации (приливно-отливные или сезонные) и характерна для морских глубоководных, лагунных и озерных отложений и условий седиментации (приливно-отливные или сезонные). Волнистая слоистость отличается волнисто-изогнутой поверхностью наслоения, формирующейся в морских прибрежных условиях.

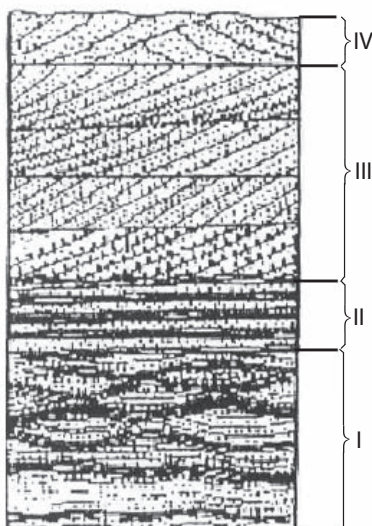


Рис. 94. Типы слоистости осадочных пород (Пособие к лабораторным..., 1988):  
I – волнистая (вверху линзовидная), II – горизонтальная (параллельная), III – косая, IV – диагональная

Косая слоистость обусловлена отложением осадка в движущейся среде и характерна для речных, эоловых (дюны, барханы, сыпучие пески), прибрежно-морских отложений. По характеру косой слоистости можно определить условия образования осадка (рис. 95).

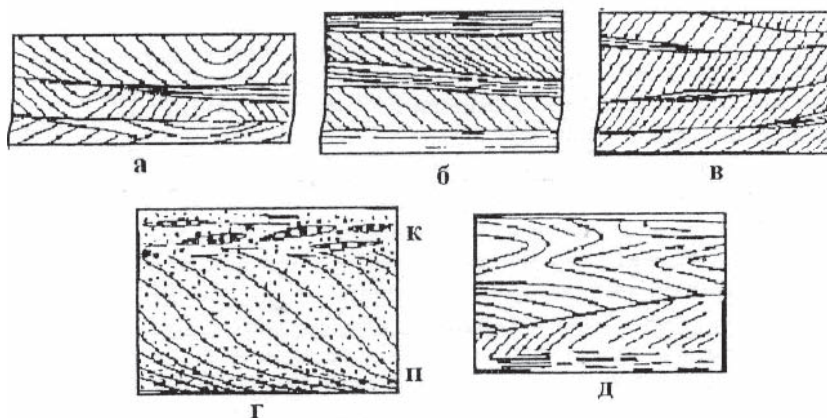


Рис. 95. Типы косой слоистости, по Г.Г. Жемчужникову (Яковлев С.А., 1955):  
а – эоловый; б – временных потоков; в – речной; г – дельтовый (к – кровля, п – подошва); д – морской

Важным внешним признаком осадочных пород часто является их *окраска*. Светло-серые тона свойственны наземным образованиям холодного сырого климата; красноватые цвета характерны для тропических и субтропических условий образования; черный и темно-серый цвета характеризуют отложения болот, торфяников, озер и сырых равнин; зеленый цвет присущ некоторым морским отложениям.

Условия осадконакопления способствуют образованию определенных минералов и примесей, которые обуславливают *цвет* породы. Белый цвет или близкие к нему светлые тона окраски встречаются у относительно чистых химических осадков (гипс, каменная соль, мел, известняки, кварцевые песчаники). Черный цвет и разные оттенки серого часто связаны с накоплением углистого вещества, графита или битумов. Это особенно характерно для темных глинистых сланцев и известняков. Иногда темная окраска зависит от присутствия тонкорассеянных черных минералов, например, магнетита (магнетитовые пески) или пиролюзита. Красные, бурые и желтые цвета обусловлены, главным образом, накоплением водных окислов железа (бурый железняк). Часто красный цвет зависит от наличия других минералов (ортоклаза, граната в некоторых песках). Зеленая окраска обусловлена присутствием минералов – глауконита, гидрослюда, хлорита, серпентина. При определении осадочных пород в некоторых случаях определяющее значение могут иметь *пористость* и *удельный вес*, а также ископаемая рябь, отпечатки капель дождя, кристаллов льда и солей, трещины высыхания, ранее живших организмов или следы их жизнедеятельности. *Знаки ряби* представляют собой следы движения водных струй на поверхности незатвердевшего осадка (рис. 96).



Рис. 96. Прямолинейная рябь течения на поверхности мелкозернистого глинистого песчаника, р. Енисей

По *сохранности органических остатков* можно выделить:

- 1) полностью сохранившиеся устойчивые органические образования (пыльца, споры растений; сохранение в биологически инертных веществах – во льду, асфальте, янтаре; кремниевые, кальцитовые и др. неизменные скелеты);
- 2) сильно измененные, когда минеральное вещество (кремнезем, кальцит, арагонит, окислы железа) замещает органическое, образуя псевдоморфозы;
- 3) ядра и отпечатки, образующиеся при заполнении внутренней части организма или пространства вокруг него минеральным материалом (ил, глина, и пр.), который сохраняется в виде слепка после разложения органической составляющей; следы жизнедеятельности организмов – передвижение наземных позвоночных, червей, моллюсков и др.

### Обломочные (кластические) породы

Породы этой группы являются результатом накопления обломочного материала горных пород различного генезиса. Мобилизация вещества для образования обломочных пород происходит под действием процессов выветривания, деятельности воды, льда, снега, ветра и живых организмов. Большое влияние оказывают молодые тектонические движения. Обломки, образовавшиеся при разрушении горных пород, остаются на месте или переносятся на большие или меньшие расстояния и в итоге могут отлагаться далеко от места своего первоначального образования. Обломочный материал может остаться рыхлым или превратиться в плотную массу за счет уплотнения самих обломков или цементации другим веществом. По составу цемент может быть карбонатный, кремнистый, железистый, глинистый, фосфатный и др.

Классификация обломочных пород представлена в таблице 3. В основу систематики положены степень окатанности (рис. 92) и размер обломков (рис. 93) (прил. 5, 6).

Минералогический и петрографический составы обломочного материала весьма разнообразны. По *количественному соотношению обломков* разного состава они делятся на мономинеральные



(мономиктовые) – одного компонента более 90%, олигомиктовые (75–90%) и полиминеральные (полимиктовые) – однородного составляющего компонента менее 50%.

В группе *грубообломочных пород* величина и форма обломков могут значительно меняться, минералогический и петрографический состав материала проявляются также весьма разнообразно. Среди псефитов чаще представлены конгломераты и брекчии (рис. 97, 98), причем, сходные по составу и строению породы могут образовываться в разных физико-географических условиях.

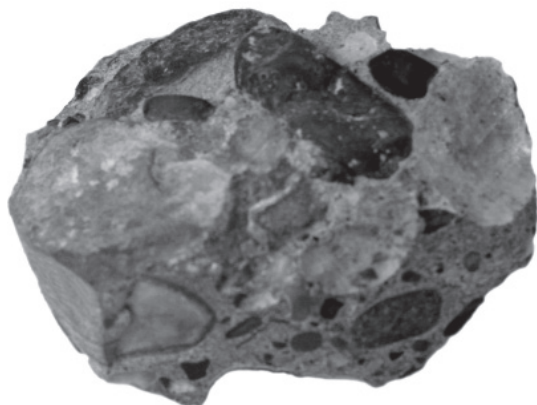


Рис. 97. Конгломерат

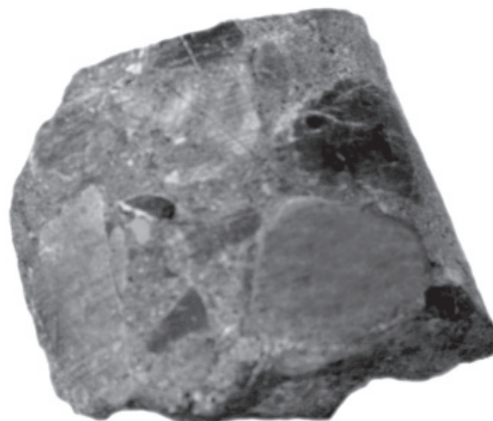


Рис. 98. Брекчия

Конгломераты и галечники пользуются широким распространением и часто образуют мощные толщи. Олигомиктовые разновидности образуются в прибрежно-морских и аллювиальных условиях. Конгломераты речных русел обычно связаны с песками и имеют линзовидный характер или залегают в виде прослоев. Конгломераты временных потоков, дельт, конусов выноса характеризуются полным отсутствием органических остатков, правильной слоистостью. Глубинно-морские конгломераты обычно в виде линз залегают среди песчано-глинистых толщ с морской фауной, а в цементе конгломерата встречаются органические остатки. Известны ледниковые галечники и конгломераты, развитые в районах древнего оледенения. Особенно в больших количествах эти породы образуются в предгорьях в периоды наиболее интенсивного поднятия горных сооружений, а также в момент поднятия суши и обновления эрозионных процессов.

Брекчии по распространенности значительно уступают конгломератам и образуются поблизости от источника осадочного материала в результате проявления различных геологических процессов. В связи с этим среди брекчий выделяют несколько генетических типов. К осадочным относятся брекчии, сформировавшиеся в результате осаждения остроугольных обломков различного состава в водной среде; брекчии оползней содержат обломки различной величины, имеющие одинаковый состав с цементом; брекчии селевых потоков характеризуются разнообразием величины обломков, крупнейшие из которых имеют следы округления; ледниковые брекчии содержат несортированный песчано-глинистый материал, обломки пород, разнообразные по петрографическому составу, штриховку на гранях глыб; брекчии выветривания состоят из обломков материнских пород, заключенных в глинистом или песчаном цементе.

В отличие от осадочных, тектонические брекчии возникают в результате дробления пород при образовании тектонических нарушений и рассматриваются как продукты динамометаморфизма. Эти породы несут следы давления, разбиты трещинами, в них на обломках и в цементе часто встречаются гладкие, как будто полированные поверхности – зеркала скольжения.

Среди *песчаных* пород по минеральному составу обломочной части чаще всего отмечаются кварцевые пески и песчаники, аркозовые пески и песчаники, полимиктовые (граувакковые пески и песчаники). Реже встречаются глауконитовые пески и песчаники, карбонатные пески и песчаники.

Кварцевые пески и песчаники состоят почти целиком из кварца (более 90%). В качестве примеси присутствуют: полевой шпат, глауконит, слюды и другие минералы; цемент в песчаниках может быть кремнистым, известковым, железистым, фосфоритовым и др. Аркозовые пески и песчаники характеризуются высоким содержанием (25-75%) обломочных зерен полевых шпатов – калиевых и плагиоклазов с примесью кварца и слюды; состав цемента песчаников часто карбонатный, глинистый. Из-за присутствия полевых шпатов пески и песчаники бывают окрашены

в розовый цвет. Граувакковые пески и песчаники формируются за счет скопления обломков эффузивов (обычно основных и средних), глинистых пород, сланцев и др. Цементирующим веществом являются глинистые минералы, углистое вещество, реже кремнистый материал и др.

Глауконитовые пески и песчаники в преобладающем количестве содержат глауконит, в подчиненном – кварц с небольшой примесью слюды и других минералов. В зависимости от количества глауконита и интенсивности его окраски, породы имеют более или менее яркий зеленый цвет. При выветривании цвет их становится ржаво-бурым.

Карбонатные пески и песчаники состоят в основном из карбонатных обломков в песчаниках, цементированных кальцитом.

К *алевритовой* группе обломочных осадочных горных пород относятся лёссы, лёссовидные породы, супеси (алевритовый материал с песком), суглинки (алевритовый материал с глиной), алевриты и алевролиты.

Лёсс – однородная порода светло-желтого цвета, легкая, пористая, состоящая из мелких слабо округленных, остроугольных и даже зазубренных зерен кварца (около 50%), глины (20% и более) и кальцита (20-30%). Помимо пор, лёсс имеет тонкие цилиндрические вертикальные каналы (остатки погребенных стебельков и корешков растений), стенки которых часто покрыты белой коркой кристаллического кальцита, а также известковые конкреции причудливой формы, называемые журавчиками или лёссовыми куколками. Обнажения лёсса обычно имеют отвесные стенки и обрывы.

Лёссовидные породы похожи на лёсс, но они более плотные, могут быть слоистые и нередко содержат более грубые частицы размером свыше 0.03 мм.

*Глинистые* породы занимают промежуточное положение между обломочными и химическими осадками. Состоят они из минералов, образовавшихся в результате химического разложения (остаточные глины кор выветривания), а также из мелких частиц неизмененных первичных горных пород и минералов (водно-осадочные глины конечных водоемов стока). Главной составной частью глин служат типичные новообразования: каолинит, монтмориллонит, гидрослюды, галлаузит, аллофан и др. Кроме того, в состав глин входят в неизмененном виде или в качестве новообразований минералы группы кварца (кварц, опал, халцедон), кальцит, сидерит, доломит, глауконит, пирит, фосфорит, гипс, окислы железа и марганца, органическое вещество. Чистые глины называют жирными, а со значительной примесью песка – тощими. В зависимости от количества песка или алеврита различают песчаные, алевритовые (50–25%) и песчанистые (25–5%) глины; глины с примесью карбоната кальция называют известковистыми. По минералогическому составу глины подразделяются на мономинеральные (каолинитовые, монтмориллонитовые, гидрослюдистые и т.д.) и полиминеральные (гидрослюдисто-каолинитовые, гидрослюдисто-монтмориллонитовые и т.д.) разновидности.

Глины образуются в морских и континентальных условиях. В морях формируются глины гидрослюдистые, монтмориллонитовые, глауконитовые. О конкретных условиях формирования можно судить по характеру заключенной в них фауны и флоры. Среди глин континентальных отложений известны элювиальные (глины коры выветривания), озерные, речные, глины временных водоемов.

Для осолоняющихся лагун характерно присутствие в глинах гипсов и доломитов, для опресняющихся (в условиях восстановительной среды) – пирита и других сульфидов.

Каолинитовые глины (каолины) – это белые глины, почти целиком сложенные каолинитом, образующимся при выветривании полевошпатовых пород в условиях жаркого и влажного климата и равнинного рельефа. В коре выветривания каолины содержат примеси зерен кварца, чешуек слюды и других, устойчивых к выветриванию минералов, входящих в состав исходной породы. Каолины отличаются высокой пластичностью, в воде не разбухают, жирные на ощупь, мягкие.

Монтмориллонитовые глины в основном сложены монтмориллонитом; цвет от серого до зеленого, красного или черного. По физическим свойствам монтмориллонитовые глины резко отличаются от каолинитовых: у них нет пластичности, а при насыщении водой они сильно разбухают и хорошо мылятся. Монтмориллонитовые глины образуются в морских и лагунных бассейнах, иногда в коре выветривания на основных породах и при выщелачивании известняков.

Озёрные глины представлены мелкозернистым материалом, характеризуются тонкой и правильной слоистостью. В них хорошо сохраняется пресноводная фауна. Глины временных водоемов отличаются плохой сортировкой (с примесями грубых обломков), тонкослоисты, часто гипсоносны и соленосны.

Аргиллиты – это сильно уплотненные глины, относительно твердые (твердость до 3), неразличимозернистого строения, неслоистые, темного цвета, излом ровный матовый, нередко раковистый; в воде аргиллиты не размокают.

Глинистые сланцы – сланцеватые, тонкоплитчатые породы черного, серого, красновато-бу-рого, зеленоватого цвета. Они легко раскалываются на тонкие плиточки, по плоскостям которых проявляется слабый шелковистый блеск, на изломе поперек сланцеватости породы – матовый, землистый блеск.

Глинистые сланцы со значительным количеством обугленных растительных остатков назы-вают углистыми, с битуминозным веществом – горючими или битуминозными сланцами.

### **Вулканогенные обломочные породы**

Вулканогенные обломочные породы представляют собой образования промежуточного со-става между эффузивными и осадочными породами и образуются в областях с интенсивной вулканической деятельностью в результате одновременного накопления вулканокластического (пирокластического) и осадочного обломочного материала.

При извержении вулканов в атмосферу выбрасывается огромное количество раскаленных обломков вулканического стекла, кристаллов различных минералов, твердеющей лавы. Падая на землю, эти обломки засыпают большие площади, образуя пирокластические породы, а также смешиваются с осадочным обломочным, хемогенным и биогенным материалом речного и морс-кого генезиса и в итоге образуют группу туфогенных пород.

Разновидности вулканогенных обломочных пород по соотношению вулканогенного (пи-рокластического) и осадочного материала представлены в таблице 4. Нормально-осадочная со-ставляющая может быть представлена кварцем, полевыми шпатами, слюдами и др. обломками пород, перенесенными к месту накопления осадка различными агентами транспортировки, а также хемогенным цементирующим материалом. Вулканогенная часть состоит из обломков вулканического стекла, минералов и эффузивных пород. Размер и форма вулканогенных частиц могут быть различными, но чаще всего они угловатые, а иногда каплевидные.

В туфах количество цемента невелико и обычно это тонкодисперсное обломочное вулка-ническое стекло. В туффитах и туфогенных породах количество цемента возрастает до и более 20-30%, и представлен он глинистым материалом, карбонатами, а также хлоритом, серицитом и др., представляющими собой вторичные минералы твердых продуктов денудации суши.

Окраска пород разнообразная и зависит от состава вулканического материала, но преобла-дают бурые, серовато-зеленые тона.

### **Хемогенные и биогенные породы**

По *химическому составу* выделяют карбонатные, кремниевые, сульфатные, галогенные, углеродистые породы и т.д. (табл. 5).

В породах хемогенного и биогенного происхождения важнейшим структурным признаком является форма зерен. Для *хемогенных* характерны зернистая, оолитовая и сферолитовая струк-туры, присущие для карбонатных, фосфатных, железистых и алюминиевых пород. В *биогенных* породах выделяют биоморфную (из целых раковин), детритовую (из обломков известковых раковин) структуры.

По *размеру зерен* среди хемогенных и биогенных пород различают кристаллически зернистые (размер зерен более 0.1 мм) и скрытокристаллические. Среди кристаллически зер-нистых структур выделяют грубозернистые (размер зерен и обломков более 1 мм), круп-нозернистые (1–0.25 мм), среднезернистые (0.25–0.1 мм), мелкозернистые (0.1–0.05 мм), микро-зернистые (0.05–0.01 мм).

*Текстуры* осадочных пород хемогенного и биогенного происхождения весьма разнообраз-ны – плотная, рыхлая, землистая и др.

Хемогенные и биогенные породы характеризуются разнообразием *происхождения*. В целом можно отметить, что хемогенные и биогенные осадочные породы образуются в водной среде и на поверхности суши в результате жизнедеятельности животных и растительных организмов или химических процессов, а часто тех и других процессов вместе. Образование глиноземистых пород происходит в условиях химического выветривания, характерного для равнин с тропичес-ким гумидным климатом. Часто продукты выветривания сносятся во впадины древнего релье-фа, бокситы накапливаются и в прибрежных частях морей.

Железистые породы накапливаются в коре выветривания, формирующейся в гумидной тропической, реже умеренной зонах.



Марганцевые породы образуются за счет выветривания горных пород, обогащенных марганцем, в условиях теплого гумидного климата и накопления минералов марганца в прилегающем морском водоеме в виде окислов (на глубинах до 20 м).

Эвапориты образуются в результате химического осаждения солей в водоемах при испарении истинных растворов в условиях засушливого климата. Гипс осаждается после испарения, примерно, 40% первоначального объема морской воды, каменная соль – после испарения 90% воды.

Кремнистые породы отлагаются в основном в морях (диатомиты, кремни, опоки, трепелы и пр.), реже в озерах (разновидности диатомитов и кремней). Крупные залежи кремнистых пород известны в геосинклинальных, краевых и предгорных прогибах.

Фосфатные породы имеют различное происхождение, но преобладает морское: за счет выпадения из морской воды солей фосфора, накапливающихся в виде конкреций, а также за счет скопления фосфатных органических остатков; образуются в морях с нормальной соленостью. Фосфориты могут накапливаться и на континентах в виде залежей гуано и костяных брекчий.

Угли формируются в болотных условиях. Мощные залежи углей возникают при стабильном погружении территории, способствующем быстрому захоронению растительных остатков. Углеобразование происходит в несколько стадий: растение → торфяник → бурый уголь → каменный уголь → антрацит.

Таблица 4

**Пирокластические и смешанные  
(осадочно-пирокластические, пирокласто-осадочные) горные породы**

Размеры обломков вулканогенных пород, мм	Несцементированные	Пирокластические	Осадочно-пирокластические	Пирокласто-осадочные
		Сцементированные		
		пирокластический материал более 90%, осадочный материал менее 10%	пирокластический материал 50-90 %, осадочный материал менее 50 %	пирокластический материал менее 50 %, осадочный материал 50–90%
до 0,1	вулканический пепел	туф пепловый	туффит пепловый	туфоаргиллит туфоалевролит
0,1-2	вулканический песок	туф песчаный	туффит песчаный	туфопесчаник
2-50	вулканические лапилли	туф лапиллиевый	туффит лапиллиевый	туфогравелит (2–10 мм)
более 50	вулканические бомбы	туф агломератовый	туффит агломератовый	туфоконгломерат (от 2 мм)

Карбонатные породы имеют самое различное распространение и происхождение. Биогенные известняки образуются в морях из кальцитовых, арагонитовых раковин и карбоната кальция, образованного химическим путем или в результате дезинтеграции биогенного кальцита. Эти известняки накапливаются в спокойной обстановке, в мелком море, на некотором удалении от берега, за пределами зоны поступления обломочных образований и активной аэрации осадков. Хемогенные известняки осаждаются в форме кальцита в морях, в редких случаях в озерах и лагунах, формируясь в результате диагенеза. Известняковые илы накапливаются в малоподвижной среде морей, реже озер и лагун, оолитовые известняки – в подвижной среде прибрежных частей морей. Писчий мел формируется в открытом море, вдали от берега, на глубинах в десятки, сотни метров.

Доломиты образуют залежи на дне бассейнов с повышенным рН (почти до 10), соленостью, избытком углекислоты в лагунах, морских заливах с аридными климатическими условиями, их накопление сопровождается образованием гипсов и ангидритов, а также за счет доломитизации известкового осадка растворенными в морской воде солями магния, либо под действием магниевых подземных вод на известняки.

Смешанные кальцито-доломитовые породы широко распространены в земной коре, они могут быть результатом неполной доломитизации известняков или одновременного осаждения на дне водных бассейнов кальцита и доломита.

Мергели отлагаются обычно в морях, реже в озерах и лагунах, в щелочной среде при одновременном накоплении глинистого и карбонатного материала, в условиях теплого климата.

Хемогенные и биогенные породы осадочного происхождения имеют яркие отличительные признаки, и диагностика наиболее часто встречающихся приведена в таблице 5.

## Диагностика хемогенных и биогенных осадочных пород

Порода	Состав	Структура; текстура	Прочие признаки
1	2	3	4
<b>Карбонатные породы</b>			
известняк	кальцит, небольшое кол-во арагонита, примесь песка, глины, кремнезема, доломита, органических веществ	зернистая; плотная, рыхлая	цвет белый, серый, темно-серый до черного; легко царапается ногтем
известняк оолитовый		оолитовая	скопления шариков микрозернистого агрегата кальцита размером от 0,1 до 2,0 мм, сцементированные карбонатом
известковый туф		микрозернистая; пористая	хорошо различимы поры различных размеров и формы
известняк-ракушечник		биоморфная	крупные целые раковины в большом количестве
известняк детритовый		детритовая	мелкие обломки раковин
известняк микрозернистый (литографский камень)		микрозернистая; плотная	цвет белый, кремовый; раковинистый излом
глинистый известняк		глины от 5 % до 25 %, остальное – см. выше	
мергель	глины от 25 % до 50 %, остальное – см. выше	микрозернистая; плотная	на месте реакции с HCl остается грязное пятно
глина	глины от 75 % до 90 %, остальное – см. выше		активно в куске взаимодействует с HCl
мел	кальцит: раковины планктонных организмов – 60 – 70 %; тонкозернистый кальцит – 40 – 30 %	микрозернистая; землистая	цвет белый, желтовато-серый; растрескивается в руках, пишет
сидерит	сидерит; обломки кварца, полевых шпатов; глинистый материал; остатки растительного вещества	мелкозернистая; массивная	цвет темно-серый, голубоватый, черный; с поверхности выветривания часто красноватый цвет за счет продуктов окисления; повышенный удельный вес
доломит	доломит, примеси кальцита, глины, песка, железа, битума	зернистая; массивная	цвет белый, серый, кремовый; шершавый излом.
известковый доломит	кальцита 25-50%, доломита 75-25%		с HCl взаимодействует слабо в куске

1	2	3	4
Доломитовый известняк	кальцита 50-75%, доломита 50-25%		
диатомит	опал, скопления микроскопических скелетов диатомовых водорослей	биоморфная; землистая	белый, светло-серый цвет; очень легкая объемный вес 0,25-0,7 г/см <sup>3</sup> , пористая порода; впитывает влагу и прилипает к влажному пальцу; легко растирается руками
трепел	опал		легкая порода – объемный вес 0,7-1,2 г/см <sup>3</sup>
опока	опал с примесью кремнистых остатков мелких организмов	аморфная; плотная	цвет от серого до черного; твердая и относительно легкая порода – объемный вес 1,1-1,6 г/см <sup>3</sup> ; при ударе раскалывается на мелкие остроугольные обломки с раковистым изломом
яшма	кварц, халцедон, остатки организмов	микрзернистая (скрытокристаллическая); плотная, полосчатая	различная окраска, чаще красноватая, зеленоватая; раковистый излом; порода крепкая и твердая (чертит стекло)
кремь	опалово-халцедоновый, кварцево-халцедоновый	микрзернистая желваковая, конкреционная	цвет серый, черный; шары или желваки с плотным кремневым ядром и нередкой концентрически-зональной текстурой обрамления
кремневая жеода			кремневые желваки с частичным заполнением пустот
<b>Сульфатные и галогенные породы</b>			
каменная соль	галит	зернистая; от гиганто – (кристаллы 5-10мм) до микрзернистой (менее 1 мм); тонкослоистая	цвет белый, светло-серый, розоватый, синеватый; чаще бесцветная, прозрачная порода; невысокая плотность; низкая твердость; при ударе распадается на кубики; соленая на вкус
гипс	гипс	от гиганто-, до микрзернистой, волокнистая; слоистая	белая окраска, из-за присутствия примесей – бурая, серая и др.; очень мягкая (чертится ногтем)
ангидрит	ангидрит	зернистая; слоистая	цвет серый или голубовато-серый;
сильвинит (сильвиновая порода)	сильвин (15-20%), галит (25-60%), механические примеси	зернистая; тонкослоистая	цвет белый, розовый, красный с синими пятнами и др.; легко растворяется в воде, горько-соленый вкус
карналлитовая порода	карналлит (50-80%), галит (50-20%), в виде примеси сильвин и др.	зернистая; массивная, слоистая	цвет бурый; легко растворяется в воде, хорошо поглощает влагу (поверхность породы влажная); имеет горько-соленый вкус, жжет язык

1	2	3	4
Углеродистые породы (каустобиолиты)			
торф	смесь не полностью перегнивших остатков разнообразных болотных растений	волокнистая; землистая	цвет бурый, черный; порода рыхлая, режется лопатой
бурый уголь	углерод (60-75%), водород, кислород, азот, зола (сера, ванадий, молибден, свинец, железо, цинк и др. элементы) углерод (75-52%) углерод (91-97%)	плотная; землистая	цвет черный; черта черно-бурая; блеск матовый-раковистый излом
каменный уголь		однородная; полосчатая	цвет черный; черта черная; блеск блестящий или матовый, жирный; излом раковистый; хрупкий; пачкает руки сильный металлический блеск
антрацит			
горючие сланцы	смесь глинистых, карбонатных частиц, органического ила (20-60%)	микрозернистая; тонкослоистая, сланцеватая	цвет темно-серый, бурый или коричневый; горит коптящим огнем или тлеет с выделением густого дыма; легко расщепляется на тонкие пластинки
нефть	смесь жидких и газообразных углеводородов	жидкое образование	окраска бесцветная, темная; масляный блеск, легче воды
<b>Прочие породы</b>			
латерит	окислы алюминия (диаспор, гидраргиллит, бёмит и др.) 30-50%; окислы железа 10-30%, иногда 50%; шамозит, кремнекислота, каолинит, карбонаты кальция и магния, обломочные минералы – кварц, полевые шпаты, мусковит и др.	зернистая; землистая	цвет яркий коричнево-красный, реже серовато-розовый; рыхлая порода, водопроницаемая или плотная
боксит		оолитовая, бобовая; землистая, пористая, кавернозная	окраска зависит от состава и количества примесей: от светлых до черных тонов, наиболее типичны красноватые тона
бурые железняки	гидроокислы железа (гематит, лимонит и др.)	оолитовая, бобовая; землистая, пористая, кавернозная, конкреционная	окраска бурая, красновато-бурая, оранжево-желтая
марганцевые породы	окиси марганца более 10%; в основном минералы – окислы марганца и карбонаты; до 90% примесь других компонентов (соединения железа, глинистый материал, кальцит, обломочный материал, кремнистые образования)	тонкозернистая (для карбонатов), оолитовая, бобовая; конкреционная, землистая	окраска серая, черная, розовая (для карбонатов)
фосфориты, желваковые фосфориты	преобладает скрытокристаллический фосфат кальция	микрозернистая; слоистая, желваковая, конкреционная	цвет темно-серый, черный, буроватый, зеленоватый; желваки или конкреции фосфата кальция; пласты фосфата кальция в однородной породе различного состава

### 4.3. Метаморфические горные породы

*Метаморфические горные породы* образуются в результате преобразования ранее существовавших осадочных, магматических, также ранеэметаморфизированных пород под воздействием высоких температур, всестороннего (петростатического) или ориентированного давления (стресса) и химически активных веществ (растворов и газов). Перекристаллизация горной породы происходит в твердом состоянии без существенного расплавления, при этом нарушается первоначальная структура породы и происходят заметные изменения химико-минералогического состава.

Метаморфические процессы, при которых происходит не только минералогическое и структурно-текстурное преобразование исходной породы, но и существенное изменение химического состава, называется *метасоматозом*.

По преобладающей роли тех или иных факторов в ходе преобразования выделяются следующие типы *метаморфизма*:

1. Контактный (термальный) метаморфизм вызывается действием преимущественно высокой температуры (400–1000°C), в меньшей степени паров и растворов, связанных с внедрением магматического расплава. Гидростатическое давление может изменяться от близкого к атмосферному (при метаморфизме, связанном с эффузивами) до 3 тыс. атм. Стресс, как фактор метаморфизма, не играет здесь заметной роли. Контактный метаморфизм наблюдается вдоль границ магматических тел и имеет местное значение в преобразовании вмещающих пород, изменении их структуры, текстуры и состава.
2. Катакластический (дислокационный) метаморфизм связан с воздействием на исходные породы ориентированного давления при сравнительно низких температурах, небольшом гидростатическом давлении и без существенного участия химически активных растворов. Процесс заключается в интенсивном дроблении (катаклазе) минеральных зерен без существенной их перекристаллизации.
3. Региональный (динамотермальный) метаморфизм возникает при воздействии на породы высокой температуры (от 300–400°C до 900–1000°C) и высокого давления (от 3–3.5 до 15–20 тыс. атм.) на больших пространствах. Главным процессом здесь является перекристаллизация и образование новых минералов с характерной для метаморфических образований ориентированностью (параллельным расположением) минеральных частиц перпендикулярно давлению.
4. Ультраметаморфизм (инъекционный метаморфизм) объединяет процессы в глубинных частях складчатых областей или кристаллических щитов и связанных с воздействием на первичные породы очень высоких температур и магматического расплава, привнесенного из интрузий или возникшего при частичном плавлении исходных пород.
5. Метасоматоз (метасоматиз, аддитивный метаморфизм) развивается при одновременном воздействии на исходные породы химически активных растворов (жидкостей или газов) и высокой температуры. При этом происходит изменение минерального и химического состава пород.

Метаморфические породы состоят из минералов устойчивых в условиях высоких температур и давления. К ним относятся минералы магматических пород: кварц, плагиоклазы (альбит), калиевый полевой шпат (микроклин), мусковит, биотит, роговая обманка, пироксен (авгит), магнетит, гематит; из минералов осадочных пород чаще всего отмечается кальцит. Кроме того, в метаморфических породах распространены минералы, характерные только для них: серицит, хлорит, тальк, серпентин, гранат, графит и т.д.

Общая схема классификации метаморфических пород приведена в таблице 6.

Отличия метаморфических пород от магматических и осадочных заключаются в их минеральном составе, в структурных и текстурных особенностях.

Метаморфические породы обладают кристаллической *структурой*, причем особенно характерны листоватая, чешуйчатая, игольчатая и таблитчатая формы зерен, реже они зернистокристаллические, порфиروبластовые. Среди зернистых структур по величине зерен различают крупнокристаллическую (диаметр зерен более 1 мм), средне- (0.25–1 мм.), и мелкокристаллическую (менее 0.25 мм). Порфиروبластовая структура отличается тем, что крупные кристаллы (порфиروبласты) располагаются среди мелкозернистой основной массы другого минералогического состава. Катакластические структуры характеризуются раздроблением и деформацией минералов, вплоть до полного истирания породы (в милонитах). Имеются также слабометаморфизированные скрытокристаллические породы и переходные разновидности, содержащие участки первичных пород (реликты), для которых отмечается реликтовая структура.

**Классификация метаморфических пород,  
по В.А. Заварицкому (Основы петрографии, 1993)**

тип	исходная порода	известняк	мергель	глина и глинистый сланец	песчаник	гранит	вулканические породы		габродиорит	ультрамафиты
							кислые	средние и основные		
локальные	контакто-термальный	мрамор	плагноклазово-пироксеновый роговик	роговик	-	-	роговик	пироксен-плагноклазовый роговик	-	-
		метасоматический	скарн	-	-	-	-	скарн	-	-
	автометаморфизм	-		-	грейзен	вторичный кварцит	пропилит	-	серпентинит	
региональные	катакlastический	-	-	-	-	катакlastит, милонит	порфириод	порфириод	катакlastит, милонит	-
		низко-температурный	-	филлит, серицитосланец	-	филлит	кварцево-серицитовый сланец	зеленокаменные породы	-	-
	средне-температурный	мрамор	зеленый сланец	слюдяной сланец	кварцит	слюдяной сланец	кварцево-слюдяной сланец	зеленый сланец, альбит-эпидотовый амфиболит	-	-
ультраметаморфизм	высоко-температурный	мрамор	амфиболит	гнейс	кварцит	гнейс, гранулит	амфиболит, эклогит			
		-								



## Отличительные признаки наиболее распространенных метаморфических пород

Порода	Состав	Структура	Текстура	Прочие признаки
1	2	3	4	5
мрамор	кальцит, реже доломит, иногда при- месь графита и др.	зернистая	массивная, может быть полосчатая, сланцеватая	цвет белый, светло-серый, реже краснова- тый или желто-бурый; реагирует с HCl
биотитовый роговик	кварц, биотит, магнетит, иногда поле- вой шпат, гранат	мелкозернистая	массивная, беспоря- дочная	цвет серый, буровато-серый, иногда розова- то-серый; очень крепкая порода; ровный, нередко раковистый излом
амфибол – пирок- сеновый роговик	плагиоклаз, амфибол, пироксен	мелкозернистая	массивная, беспоря- дочная	цвет темно-серый, темно-зеленый, черный; крепкая порода; раковистый излом
скарн	гранат, пироксен, плагиоклаз, эпидот, карбонат, рудные минералы, актинолит	от мелко- до крупнозернис- той, часто неравномернозер- нистая, порфириобластовая	массивная, пятнистая	окраска разнообразная, обычно темная, буроватая, зеленовато-бурая, желтовато- бурая; цвет обусловлен окраской преобла- дающего минерала
грейзен	кварц, мусковит	средне-, крупнозернистая	массивная	цвет белый или светло-серый
кварцит	кварц, примеси полевого шпата, слюды	мелкозернистая, иногда сливная (отдельные зерна неразличимы)	массивная	цвет белый, желтый, красноватый; очень крепкая порода (чертит стекло)
железистый кварцит	кварц, магнетит, гематит			темная окраска
лиственит	кварц, карбонат, фуксит (слюда зеленого цвета)	зернистая	массивная	цвет зеленый, реже белый и светло-желтый
серпентинит	серпентин, оливин	неразличимозернистая, реже чешуйчатая	массивная, полосчатая	окраска серо-зеленая с пятнами темно- зеленого, белого, черного цвета и гладкими зеркально-эмалевыми поверхностями

Порода	Состав	Структура	Текстура	Прочие признаки
1	2	3	4	5
филлит	серицит, хлорит, кварц	мелкозернистая	сланцеватая, иногда плейчатая	цвет зеленый, темно-серый до черного; слабый шелковистый блеск
слюдяной сланец	мусковит, биотит, хлорит, кварц	средне-, крупнозернистая	сланцеватая, иногда плейчатая	цвет зеленый, серый; могут быть реликтовые структуры и текстуры; шелковистый блеск на плоскостях сланцеватости
хлоритовый сланец	хлорит, кварц, примесь слюды и др. минералов	чешуйчатая, листоватая	сланцеватая, плейчатая	цвет темно-зеленый
тальковый сланец	тальк	мелкочешуйчатая	сланцеватая	светлоокрашенная порода жирная на ощупь; мягкая (чертится ногтем)
амфиболит	роговая обманка, плагиоклаз	зернистая	массивная, полосчатая, сланцеватая	цвет зеленый, черный
гнейс	полевые шпаты, кварц, слюды, роговая обманка, гранат	зернистая, порфириобластовая	сланцеватая, гнейсовая, полосчатая, очковая	цвет темно-серый, светло-серый
гранулит	полевые шпаты, кварц, гранат	мелко-, среднезернистая	массивная, гнейсовая	характерны ленточные зерна или агрегаты зерен кварца
эклогит	гранат, пироксен, оливин, плагиоклаз, амфибол	зернистая	массивная, слабосланцеватая	цвет серовато-зеленый с красными вкраплениями (гранат)
мигматит	субстрат: гнейсы и различные метаморфизованные магматические породы, инъекции: кварц, полевые шпаты	неоднородная	полосчатая, гнейсовая, плейчатая	цвет зависит от цвета исходной породы

Тектурные особенности относятся к важнейшим отличительным признакам метаморфических пород. По взаимному расположению и типам зерен выделяются следующие *текстуры*. Сланцеватая определяется параллельным расположением чешуйчатых или таблитчатых минералов; гнейсовая – с параллельным расположением таблитчатых минералов при малом содержании чешуйчатых частиц; полосчатая – с чередованием полос разной толщины различного минерального состава; волокнистая – в породах, сложенных волокнистыми и игольчатыми минералами, вытянутыми в одном направлении; очковая – с рассеянными в породе более крупными овальными зернами или агрегатами, обычно выделяющимися по цвету; плейчатая – в породе отмечаются очень мелкие складки; беспорядочная – с неориентированным расположением зерен обычно округло неправильной формы; массивная – с прочным сложением породы при плотном, связанном соединении минеральных зерен.

Отличительные признаки наиболее распространенных метаморфических пород отражены в таблице 7 (прил. 5, 6).

### Контрольные вопросы

1. Что изучает наука петрография?
2. Что называют горной породой?
3. Нарисуйте схему, представляющую геологический цикл формирования горных пород.
4. Раскройте понятия структура и текстура горных пород.
5. Назовите наиболее характерные структуры и текстуры интрузивных и эффузивных магматических горных пород.
6. Назовите породообразующие минералы магматических горных пород.
7. Приведите классификацию магматических горных пород по содержанию кремнекислоты.
8. Назовите наиболее распространенные магматические породы в ультраосновной, основной, средней и кислотной группах.
9. На какие группы делятся осадочные породы с учетом способа их образования?
10. Представьте развернутую классификацию обломочных пород. Назовите признаки обломков, которые положены в основу этой классификации.
11. Перечислите структуры осадочных горных пород. Детализируйте по группам.
12. В чем заключается особенность текстуры осадочных пород?
13. Какие условия осадконакопления определяет цвет осадочных пород?
14. Расскажите об условиях образования глинистых пород. Назовите разновидности.
15. Охарактеризуйте условия образования и назовите разновидности вулканогенных обломочных пород.
16. Назовите главный структурный признак пород хемогенного и биогенного происхождения. Перечислите типичные структуры.
17. Охарактеризуйте туф пепловый, туф песчаный, туф известковый (состав, структура, текстура, способ образования).
18. В чем заключается особенности образования фосфатных, кремнистых, железистых, марганцевых пород, эвапоритов.
19. Дайте определение понятия «метаморфизм». Каковы главные факторы метаморфизма?
20. Какие структуры и текстуры характерны для метаморфических пород? Какие минералы?
21. В каких геологических условиях протекает процесс регионального метаморфизма?
22. В какую породу при метаморфизме переходит известняк и глина?
23. Что общего и в чем отличие гранитов и гнейсов?
24. Провести макроскопическое определение 9 предложенных образцов из контрольной коллекции: по 3 образца магматического, осадочного и метаморфического происхождения.

### 4.4. Описание геологического обнажения

Описание геологического обнажения проводится для выходов горных пород на дневную поверхность или искусственных выработок (каналов, шурфов, буровых скважин и пр.). Обнаженность проявляется лучше всего там, где много естественных разрезов (обрывов в долинах рек, на крутых склонах гор и холмов и т.д.), но и в этих условиях почти всегда нужно делать расчистки для того, чтобы вскрыть коренные породы, закрытые сверху оползшими рыхлыми массами или почвой, и восстановить истинный разрез.

В каждой точке наблюдения выполняются следующие операции.

1. Производят точную *географическую привязку* точки наблюдения.
2. Дается *общая характеристика* разреза в обнажении, при этом указывается порядок описания пород.

В опорном обнажении горные породы подразделяются визуально на слои или группы слоёв. Для этого используются различные признаки: состав, окраска, слоистость и пр. Рекомендуется произвести типизацию пород, т.е. выделение наборов слоев, которые в дальнейшем упростили бы работу на других обнажениях. Если возможно, определить опорный (маркирующий) горизонт-слой или пласт среди толщ горных пород, отчетливо выделяющийся по внешнему виду и литологическим особенностям (структуре, текстуре, цвету, составу, присутствию каких-либо включений и др.), стратиграфически выдержанный на большой площади. В осадочных породах опорный горизонт может быть выделен либо по вещественному составу (например, слои известняка в толще песчано-глинистых пород, слой кварцевого песчаника и пр.), либо по наличию в слое специфических включений (куски древесины и пр.). К опорному горизонту относятся также пласты с характерным типом наслоения пород (например, косослоистые песчаники), био-горизонты (отложения с наличием крупных моллюсков, «рыбный» пласт и пр.) или, наоборот, слой без окаменелостей среди органогенных пород. За такой горизонт может быть принят и контакт двух толщ, резко отличающихся по литологическому признаку, поверхность несогласия или коры выветривания. В метаморфических породах за опорный горизонт могут быть приняты разновидности, обогащенные каким-нибудь легко распознаваемым минералом (гранат, дистен, амфибол и др.), пластовые тела вулканических пород и другие образования.

Осуществляется *описание выделенных слоёв*, при этом желательно сделать его схематическую зарисовку (рис. 99) с указанием принятой системы условных обозначений или сфотографировать с расположением рядом с объектом легко распознаваемого предмета для масштаба (авторучка, молоток, лопата и т.п.). Особенности ландшафта всей территории хорошо отражаются на фотоснимках или с помощью перспективной зарисовки (рис. 100, 101).

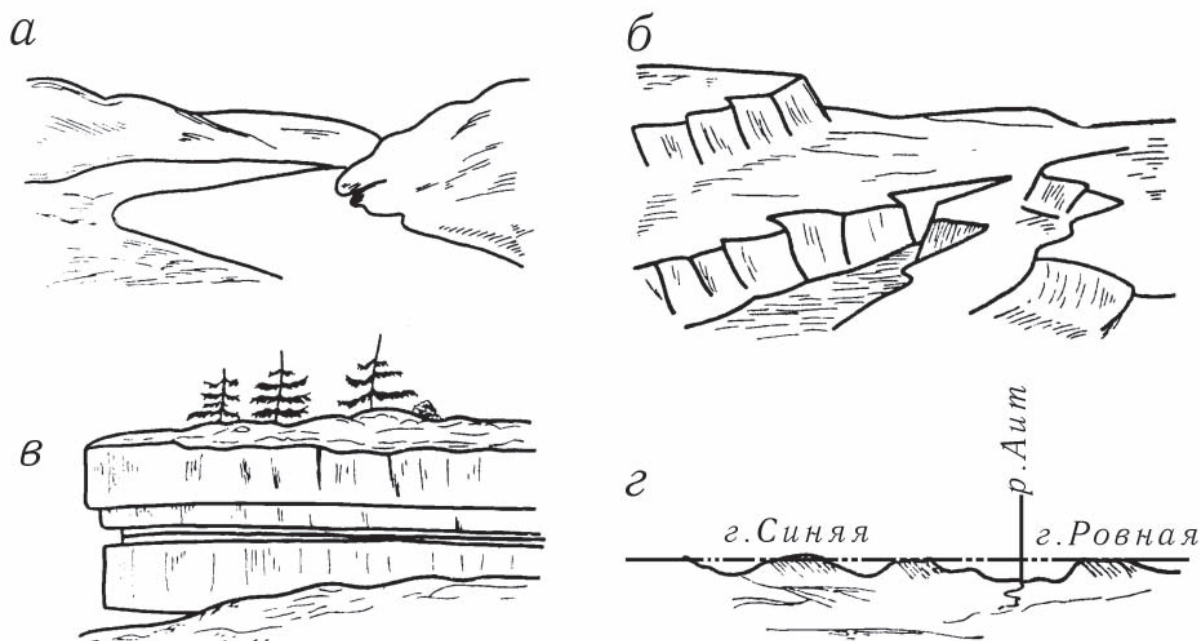


Рис. 99. Примеры контурных зарисовок в поле (Войлошников В.Д., 1984)

- а – характер склонов долины;
- б – террасовые уступы;
- в – структурные выступы бронирующих пород;
- г – панорама поверхности выравнивания.

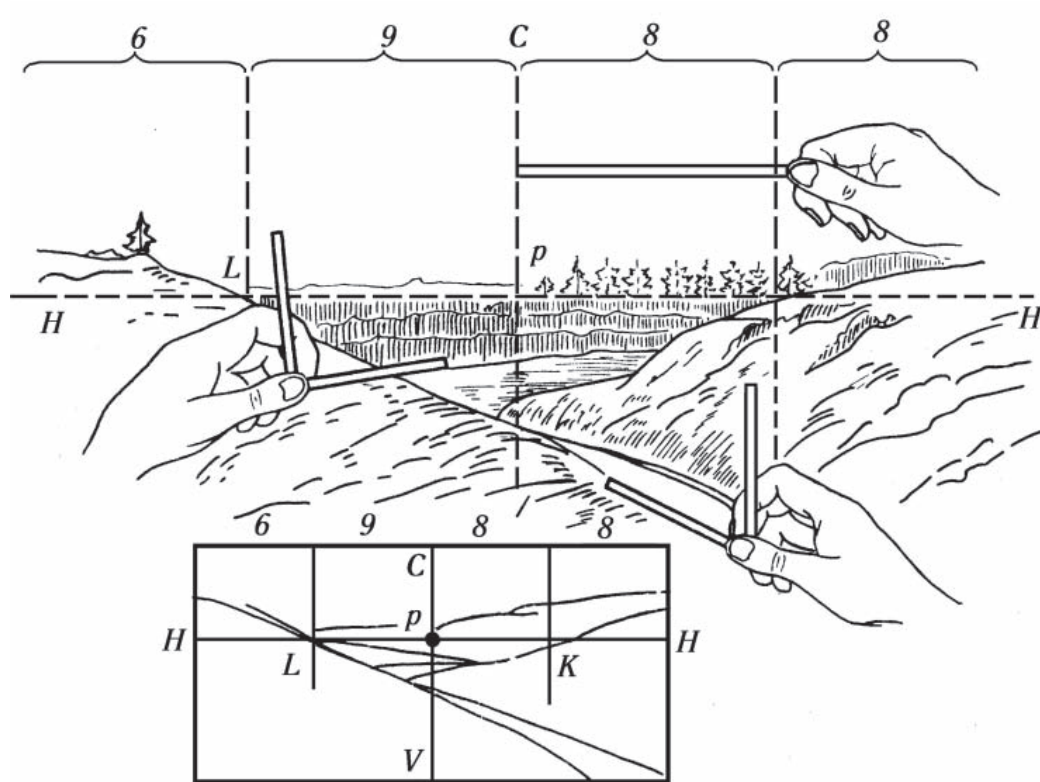


Рис. 100. Прием перспективного рисования с помощью угломера, по Ф. Г. Де-Лионде (Войлошников В.Д., 1984)

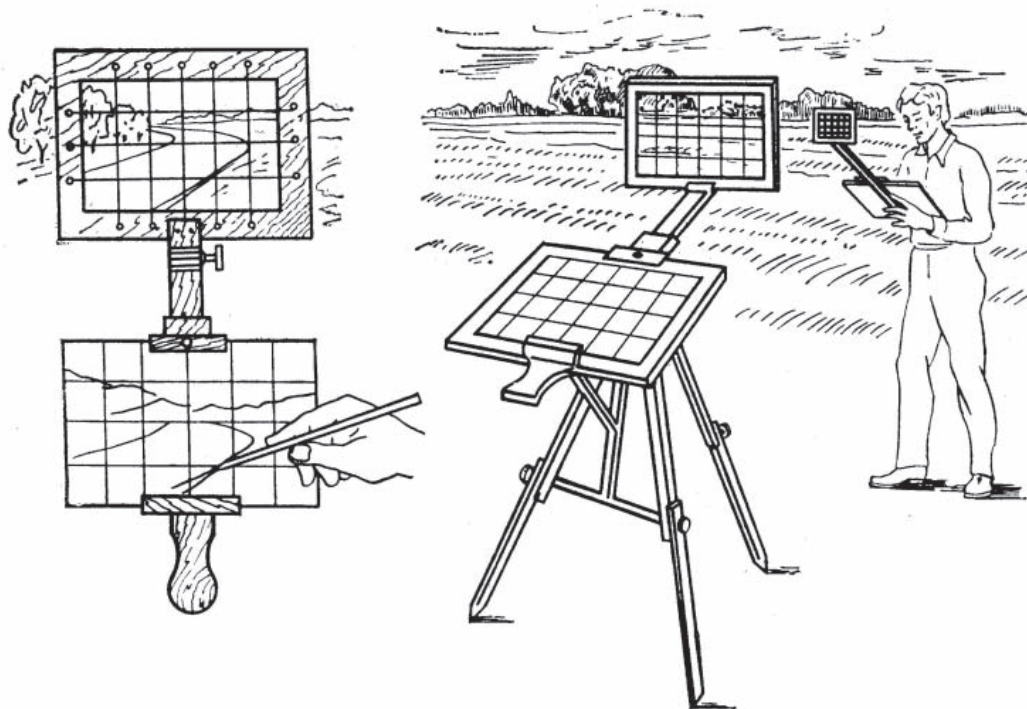


Рис. 101. Перспектостатив Де-Лионде и его использование (Войлошников В.Д., 1984)



При описании обнажения указывают его тип (скала, береговой обрыв, выход из-под осыпи и т.д.), положение в рельефе (уступ речной террасы, склон берега, наличие осыпи, степень задернованности и т.п.); протяжённость и высоту обнажения. Затем проводят описание горных пород по каждому пласту отдельно: мощность, характер залегания пласта (горизонтальный, наклонный, смятый в складки и т.д.), название породы, цвет, текстура, структура; можно указать крепость породы (породы слабой крепости ломаются рукой, средней крепости рукой не ломаются, но легко разбиваются молотком, очень крепкие с трудом разбиваются молотком); особо обращают внимание на наличие остатков и отпечатков ископаемой фауны и флоры (окаменелостей), отмечается наличие различных органических и неорганических включений, вкраплений и т.д. При хорошо прослеживаемых контактах изучаемой породы с выше- и нижележащими слоями отмечают характер границы (ровный, волнистый, резкий, постепенный и пр.) и, если возможно, приконтактовые изменения пород, выражающиеся в изменении цвета и зернистости минерального состава.

1. Из слоёв обнажения выбирают *образцы* горных пород, окаменелостей для визуального сравнения типичных пород, залегающих на разных участках и для составления эталонных коллекций. *Отбор образцов* ведут в процессе документации разрезов послойно, места отбора фиксируются в полевых книжках с привязкой их к слою и с точной фиксацией места взятия на разрезе; они нумеруются и снабжаются этикеткой. Номер образца составляется из номера точки наблюдения и номера образца в обнажении (например, точка наблюдения 3, образец 1, следует писать: обр. 3/1). Образцы размером, примерно, 9 на 12 см отбивают от коренного выхода пород, а если его берут из осыпи или аллювия, то это отмечают в полевой книжке и на этикетке. На свежем сколе образца, на сухой поверхности наклеивают кусочек лейкопластыря с заранее написанным номером.

Твёрдые образцы вместе с этикеткой упаковывают в бумагу. Для этого берут лист обёрточной бумаги размером, примерно, 30×40 см, в один угол заворачивают сложенную этикетку, затем этот угол прижимают к образцу, и образец с этикеткой заворачивают. Сверху надписывают номер образца. Рыхлые породы с этикеткой упаковывают в мешочек, на котором тоже надписывают номер. Мешочки обычно изготавливают из плотной материи (холста, тика и пр.) с завязками из тесьмы или шпагата. Мешочки имеют примерный размер 7×13 см (для рыхлых пород, мелких образцов и окаменелостей) и 12×20 см и 20×30 см (для крупных образцов). Крупные образцы лучше упаковать в коробочки, перекладывая их ватой.

Как правило, хороший интересный образец очень редко «валяется под ногами». Чаще всего его приходится извлекать из материнской породы. Для этого используют специальный геологический молоток, изготовленный из особой вязкой и хорошо закаленной стали. Один конец молотка обычно клиновидно заострен, рукоятка имеет длину от 30 до 40 см. Наиболее удобны цельнометаллические молотки с эластичной и упругой нейлоновой рукояткой. Выбивание образца из породы легче производить при помощи плоского зубила.

Коллекционирование минералов, горных пород или окаменелостей требует соблюдения определенных правил при отборе образцов, при составлении и хранении коллекций. После отбора и описания в дальнейшем каждый образец должен лежать отдельно на своем определенном месте. Коллекционные ящички можно изготовить из фанеры, картона, можно из различных прозрачных материалов. Для мелких кристалликов и зерен удобны стеклянные пробирки. Целесообразнее всего, чтобы на самом образце был только номерок, а все описания их хранились на этикетках в тех же коллекционных ящичках.

*Принцип коллекционирования.* Принципы систематизации образцов могут быть различными. Для учебных целей все образцы можно разместить в трех ящиках: «Минералогическая коллекция», «Коллекция горных пород», «Полезные ископаемые нашей местности». Вместе с тем могут быть представлены коллекции минералов и горных пород, привезенные из разных стран (с обязательным указанием места отбора); можно расположить образцы минералов по классам химических соединений и использовать их на уроках химии и географии; может быть коллекция горных пород различного генезиса (осадочные, магматические, метаморфические); коллекция окаменелостей по стратиграфическому признаку; коллекция поделочных камней и т.д.

*Указания по диагностике.* Макроскопическое определение минералов и горных пород требует владения определенными навыками и хотя бы небольшой опыт в их применении.

Окраска минерала, как правило, сама по себе не может служить надежным диагностическим признаком. Лишь очень немногие минералы характеризуются определенной и неизменной окраской. Лучшими диагностическими признаками минералов являются такие их свойства, как плотность, блеск, цвет черты, твердость, а также кристаллическое строение. Цвет черты минерала гораздо более стабилен и его можно учитывать как более надежный диагностический



признак. В приложенных к данному пособию диагностических таблицах минералы систематизированы именно по цвету черты, причем таким образом, что близкие оттенки цветов, различимые с трудом, сгруппированы вместе (прил. 1). Дальнейшее разделение минералов в таблицах проводится по твердости, выраженной в баллах шкалы Мооса, и по блеску минералов. По алфавитному указателю можно найти страницу, содержащую более полную информацию – описание минерала и изображение его кристаллической формы (прил. 2).

*Последовательность операций при диагностике минералов:*

- 1) определить цвет минерала;
- 2) определить цвет черты минерала на бисквите или в порошке;
- 3) определить твердость по минералогической шкале;
- 4) установить тип блеска;
- 5) если есть возможность, определить плотность (относительную);
- 6) сравнить установленные признаки с представленными в диагностических таблицах;
- 7) обратиться к алфавитному указателю.

*Определение горных пород.* Горные породы проще всего определять по структурно-текстурным особенностям и по условиям их нахождения (залегания) в природе.

Диагностические признаки магматических интрузивных пород: полнокристаллические структуры, пустоты отсутствуют, массивная, полосчатая, пятнистая текстуры, отпечатки ископаемых организмов отсутствуют, формы выветривания мягкие, сглаженные.

Диагностические признаки магматических эффузивных пород: хорошо образованы лишь отдельные кристаллы (вкрапленники), основная масса микрозернистая или аморфная (стекловатая), многочисленные мелкие пустоты, текстуры полосчатые, флюидальные, пятнистые, пузыристые, миндалекаменные, массивные.

Диагностические признаки осадочных пород: хорошо выраженная слоистость, обусловленная различием слоев по цвету, составу или крупности зерен, часто отмечаются разнообразные отпечатки и окаменелости, в рельефе крупные формы выветривания, часто резко расчлененные, крутые, обрывистые.

Диагностические признаки метаморфических пород: полнокристаллические структуры, часто наблюдается шелковистый блеск, крупные кристаллы, текстуры с параллельным расположением минералов – сланцеватая, гнейсовая, полосчатая, волокнистая и пр., могут быть мелкие складки, пустот нет, окаменелости отсутствуют, формы выветривания мягкие, сглаженные.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные операции, которые необходимо выполнить при описании геологического обнажения.
2. Что такое «опорный горизонт»? Назовите примеры.
3. Какие признаки необходимо указать при описании обнажения?
4. Как правильно производить отбор образцов из обнажения?
5. На основании каких принципов может быть составлена коллекция минералов и горных пород?
6. Какие свойства необходимо указать при макроскопическом определении минералов горных пород?

### Список использованной литературы

1. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. М.: Гос. изд-во геол. литературы, 1951. 542 с.
2. Бондарев В.П. Геология. Лабораторный практикум. Полевая геологическая практика. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2002. 190 с.
3. Булах А.Г. Общая минералогия. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2002. 356 с.
4. Войлошников В.Д. Полевая геология для техника-геолога. М.: Недра, 1984. 184 с.
5. Годовиков А.А. Минералогия. М.: Недра, 1983. 647 с.
6. Добровольский В.В. Геология. М.: Гуманитарный изд. центр Владос, 2001. 320 с.
7. Магматические горные породы / Н.И. Кузоватов, Ю.В. Уткин, А.И. Чернышов и др. Томск: Изд-во ТГУ, 1997. 78 с.
8. Минералогическая энциклопедия / Под ред. К. Фрея. Л.: Недра, 1985. 512 с.
9. Митчелл Р. Названия минералов. М.: Мир, 1982. 247 с.
10. Нестеров Е.М. Геология в естественнонаучном образовании. СПб.: Изд-во РГПУ, 2004. 148 с.
11. Основы петрографии / В.А.Врублевский, Г.В.Шубин, Е.А.Бабина. Томск: Изд-во ТПУ, 1993. 50 с.
12. Петрографический кодекс. Магматические и метаморфические образования. СПб.: ВСЕГЕИ, 1995. 128 с.
13. Пособие к лабораторным занятием по общей геологии / В.Н. Павлинов, А.Е. Михайлов, Д.С. Кизевальтер и др. М.: Недра, 1988. 149 с.
14. Пугачева Е.Е. Макроскопическое определение минералов. Томск: ТГПУ, 1997. 68 с.
15. Пугачева Е.Е. Макроскопический определитель горных пород. Томск: ТГПУ, 2000. 215 с.
16. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Развитие Земли. М.: МГУ, 2002. 560 с.
17. Трегер В.Е. Оптическое определение породообразующих минералов. М.: Недра, 1980. 208 с.
18. Шуман В. Мир камня. В 2 т. Т. 1. Горные породы и минералы: Пер. с нем. М.: Мир, 1986. 215 с.
19. Яковлев С.А. Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. М.: ВСЕГЕИ, 1955. 485 с.

## Приложение 1

### Диагностические таблицы для определения минералов

Таблица 1

#### Цвет черты белый или бесцветный

БЛЕСК						
Твер- дость	Стекланный	Шелковистый или перламутровый	Алмазный	Жирный	Металлический	Тусклый без блеска
1	2	3	4	5	6	7
1	Сода	Тальк		Каолинит Тальк		Каолинит
1,5	Вивианит Гипс Мирабилит Селитра натриевая Сильвин Сода	Вивианит Гипс				Вивианит
2	Биотит Бура Вивианит Галит Карналлит Мирабилит Мусковит Селитра калиевая Селитра натриевая Сильвин Флогопит Хлорит	Вивианит Мусковит Флогопит Хлорит		Бура Галит Карналлит	Мусковит	Вивианит
2,5	Биотит Бура Гиббсит Карналлит Мусковит Флогопит Хлорит	Гиббсит Мусковит Флогопит Хлорит Хризотил-асбест		Бура Карналлит Серпентин	Мусковит Серебро	Гиббсит Серпентин
3	Ангидрит Барит Биотит Гиббсит Кальцит Карналлит Флогопит Хлорит Целестин	Барит Гиббсит Серпентин Флогопит Хлорит Целестин		Карналлит Серпентин		Гиббсит Серпентин Хлорит
3,5	Антигорит Ангидрит Барит Доломит Родохрозит Сидерит Хлорит Целестин Цеолиты	Барит Повеллит Серпентин Хлорит Целестин Цеолиты		Повеллит		

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
3,5	Антигорит Ангидрит Барит Доломит Родохрозит Сидерит Хлорит Целестин Цеолиты	Барит Повеллит Серпентин Хлорит Целестин Цеолиты		Повеллит		
4	Доломит Магнезит Родохрозит Сидерит Флюорит	Серпентин Цеолиты		Серпентин		Магнезит Серпентин
4,5	Волластонит Магнезит Сидерит	Волластонит				Магнезит
5	Актинолит Апатит Бирюза Волластонит Нефрит Опал Сфен Тремолит	Актинолит-асбест Волластонит Сфен Тремолит-асбест	Сфен	Апатит	Гематит	Бирюза Гематит Нефрит Опал
5,5	Актинолит Бирюза Дистен Диопсид Лазурит Нефелин Нефрит Опал Родонит Сфен Тремолит Энстатит	Актинолит-асбест Дистен Родонит Сфен Тремолит-асбест Энстатит	Сфен	Лазурит Нефелин		Бирюза Нефрит Опал
6	Актинолит Бирюза Диопсид Лазурит Микроклин Нефелин Нефрит Опал Ортоклаз Плагиоклазы Родонит Сфен Тремолит	Актинолит-асбест Альбит Микроклин Ортоклаз Родонит Сфен	Касситерит	Касситерит Лазурит Нефелин Нефрит	Касситерит	Бирюза Микроклин Нефрит Опал Ортоклаз
6,5	Гранаты Диаспор Оливин Опал Плагиоклазы Родонит	Альбит Диаспор Родонит	Гранаты Касситерит	Гранаты Касситерит	Касситерит	Опал Халцедон

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
7	Гранаты Диаспор Дистен Кварц Оливин Турмалин	Диаспор Дистен Турмалин	Гранаты Касситерит	Гранаты Кварц		Кварц Халцедон
7,5	Берилл Гранаты Турмалин Шпинель	Турмалин	Гранаты	Гранаты		
8	Берилл Топаз Шпинель	Топаз				
9	Корунд		Корунд			
10			Алмаз		Алмаз	

Таблица 2

## Цвет черты серый или черный

БЛЕСК						
Твер- дость	Стекланный	Шелковистый или перламутровый	Алмазный	Жирный	Металлический	Тусклый без блеска
1					Графит Молибденит	Графит
2					Антимонит Галенит	
3					Галенит Халькопирит	Галенит
3,5					Халькопирит	
4					Пирротин Псиломелан Халькопирит	Псиломелан Халькопирит
4,5			Вольфрамит	Вольфрамит	Псиломелан	Псиломелан
5	Авгит		Вольфрамит	Вольфрамит	Ильменит Псиломелан	Псиломелан
5,5	Авгит		Вольфрамит	Вольфрамит	Арсенопирит Ильменит Магнетит Псиломелан	Ильменит Псиломелан
6	Авгит				Арсенопирит Ильменит Пирит Псиломелан	Ильменит Псиломелан
6,5	Эпидот	Эпидот			Арсенопирит Ильменит Пирит	Ильменит
7	Эпидот	Эпидот			Пирит	

Таблица 3

**Цвет черты желтый, оранжевый или коричневый**

<b>БЛЕСК</b>						
Твердость	Стекланный	Шелковистый или перламутровый	Алмазный	Жирный	Металлический	Тусклый без блеска
1	Реальгар	Аурипигмент	Аурипигмент Сера	Аурипигмент Реальгар		
2	Реальгар	Аурипигмент	Аурипигмент Сера	Реальгар Сера		
2,5					Золото	
4			Сфалерит		Псиломелан Сфалерит	Лимонит Псиломелан
5			Гетит		Вольфрамит Гематит Гетит Псиломелан	Гематит Гетит Лимонит Псиломелан
5,5			Гетит		Вольфрамит Гематит Гетит Псиломелан Хромит	Гематит Гетит Лимонит Псиломелан
6					Гематит Псиломелан	Гематит Псиломелан

Таблица 4

**Цвет черты красный или оранжевый**

<b>БЛЕСК</b>						
Твердость	Стекланный	Шелковистый или перламутровый	Алмазный	Жирный	Металлический	Тусклый без блеска
2			Киноварь		Киноварь	Киноварь
2,5			Киноварь Кроконт		Медь Киноварь	Киноварь
3,5			Куприт		Куприт	Куприт
4			Куприт		Куприт	Куприт
5					Гематит	Гематит
5,5					Гематит	Гематит
6					Гематит	Гематит

Таблица 5

**Цвет черты синий или голубой**

<b>БЛЕСК</b>						
Твердость	Стекланный	Шелковистый или перламутровый	Алмазный	Жирный	Металлический	Тусклый без блеска
3,5	Азурит					
4	Азурит					
5,5	Лазурит			Лазурит		
6	Лазурит			Лазурит		



Таблица 6

## Цвет черты зеленый

БЛЕСК						
Твер- дость	Стекланный	Шелковистый или перламутровый	Алмазный	Жирный	Металлический	Тусклый без блеска
2						Глауконит
3,5	Малахит	Малахит	Малахит			
4	Малахит	Малахит	Малахит			
5	Авгит Актинолит Тремолит	Актинолит-асбест Тремолит-асбест				
5,5	Авгит Актинолит Роговая обманка Тремолит Эгирин	Актинолит-асбест Тремолит-асбест				
6	Авгит Актинолит Роговая обманка Тремолит Эгирин	Актинолит-асбест Тремолит-асбест				

## Приложение 2

### Минералы-талисманы

Дата рождения	Зодиакальное созвездие	Древние европейцы	Арабы	Итальянцы	Русские	Ассоциация ювелиров Великобритании	Совет ювелиров США	Международная ассоциация ювелиров	Добавление российских ювелиров
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22 дек. – 20 янв.	Козерог	Гранат	Гранат	Гранат Гиацинт	Гранат Гиацинт	Гранат	Гранат Красный корунд	Опал	Родонит
21 янв. – 19 фев.	Водолей	Аметист	Аметист	Аметист	Аметист	Аметист	Аметист Фиолетовый корунд	Сапфир	Чароит
20 фев. – 20 мар.	Рыбы	Яшма	Кровавик	Яшма	Яшма	Аквамарин Гелиодор	Аквамарин Голубая шпинель	Хризолит	Амазонит

Продолжение приложения 2

1	21 апр. - 20 апр.	Овен	Сапфир	Сапфир	Сапфир	Сапфир	Сапфир	Алмаз Горный хрусталь	Алмаз б/цв. шпинель Гранат	Аметист	
2	21 апр. - 21 мая	Телец	Халцедон	Агат	Агат	Изумруд	Изумруд	Изумруд Хризопраз	Изумруд Зеленая шпинель	Агат	Жадеит Малахит
22 мая - 21 июня	21 июня - 21 июня	Близнецы	Изумруд	Изумруд	Изумруд	Агат	Жемчуг Лунный камень	Изумруд Зеленая шпинель	Изумруд Зеленая шпинель	Берилл	Агат (светлый)
22 июня - 22 июля	22 июня - 22 июля	Рак	Оникс	Оникс	Оникс	Рубин	Рубин Карнеол	Жемчуг Александрит	Изумруд	Изумруд	Шпинель

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24 окт. – 22 ноябр.	Лев	Карнеол	Карнеол	Карнеол	Александрит	Сардоникс Хризолит	Перидот	Рубин	Гроссуляр Нефрит
24 окт. – 23 окт.	Дева	Оливин	Сардоникс	Оливин	Оливин	Лазурит Сапфир	Сапфир	Яшма	Лазурит
24 сент. – 23 окт.	Весы	Аквамарин	Аквамарин	Берилл	Берилл	Алмаз Опал	Опал Турмалин	Алмаз	Яшма
24 окт. – 22 ноябр.	Скорпион	Берилл Топаз	Берилл Топаз	Топаз	Топаз	Топаз	Топаз Золот. желт. корунд Кварц	Топаз	Янтарь цитрин
23 ноябр. – 21 дек.	Стрелец	Рубин	Рубин	Рубин Бирюза	Рубин Бирюза	Бирюза	Бирюза циркон	Бирюза	Голубой топаз

## Приложение 3

### Основные минералы, используемые в промышленности\*

#### АЛЮМИНИЙ

Гидраргиллит  $\text{Al}[\text{OH}]_3$   
Бёмит  $\text{AlOOH}$   
Диаспор  $\text{HAlO}_2$   
Алунит  $\text{KAl}_3[\text{SO}_4]_2[\text{OH}]_6$   
Лейцит  $\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$   
Нефелин  $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$

#### БАРИЙ

Барит  $\text{BaSO}_4$

#### БЕРИЛЛИЙ

Берилл  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$   
Гельвин  $\text{Mn}_8[\text{BeSiO}_4]_6\text{S}_2$

#### БОР

Сассолин  $\text{B}[\text{OH}]_3$   
Ашарит  $\text{MgHBO}_3$   
Борацит  $\text{Mg}_6\text{B}_4\text{O}_{26}\text{Cl}_2$   
Бура  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$   
Боронатрокальцит  $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \times 8\text{H}_2\text{O}$   
Индерит  $\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \times 15\text{H}_2\text{O}$   
Индерборит  $\text{MgCaB}_6\text{O}_{11} \times 11\text{H}_2\text{O}$   
Гидроборацит  $\text{MgCaB}_6\text{O}_{11} \times 6\text{H}_2\text{O}$   
Иньоит  $\text{CaB}_6\text{O}_{11} \times 13\text{H}_2\text{O}$   
Колеманит  $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \times 5\text{H}_2\text{O}$   
Пандермит  $\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19} \times 7\text{H}_2\text{O}$   
Датолит  $\text{CaBSiO}_4[\text{OH}]$

#### ВАНАДИЙ

Титаномагнетит (V – содержащий)  $(\text{Fe}, \text{Ti})_3\text{O}_4$   
Ванадинит  $\text{Pb}_5[\text{VO}_4]_3\text{Cl}$   
Деклуазит  $(\text{Zn}, \text{Cu})\text{Pb}[\text{VO}_4][\text{OH}]$   
Карнотит  $\text{K}_2[\text{UO}_2]_2[\text{VO}_4]_2 \times 3\text{H}_2\text{O}$

#### ВИСМУТ

Висмут самородный  $\text{Bi}$   
Висмутин  $\text{Bi}_2\text{S}_3$   
Галенит (Bi – содержащий)  $\text{PbS}$

#### ВОЛЬФРАМ

Гюбнерит  $\text{MnWO}_4$   
Вольфрамит  $(\text{Mn}, \text{Fe})\text{WO}_4$   
Ферберит  $\text{FeWO}_4$   
Шеелит  $\text{CaWO}_4$

#### ЖЕЛЕЗО

Гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   
Магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$   
Магномагнетит  $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Fe}_2\text{O}_4$   
Гётит  $\text{HFeO}_2$   
Лимонит  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times \text{H}_2\text{O}$   
Сидерит  $\text{FeCO}_3$   
Шамозит  $\text{Fe}_4\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_6 \times n\text{H}_2\text{O}$   
Тюрингит  $\text{Fe}_{3,5}(\text{Al}, \text{Fe})_{1,5}[\text{Si}_{2,5}\text{Al}_{1,5}\text{O}_{10}]$

#### ЗОЛОТО

Золото самородное  $\text{Au}$   
Электрум  $(\text{Au}, \text{Ag})$   
Сильванит  $\text{AuAgTe}_4$   
Калаверит  $\text{AuTe}_2$

#### ИТТРИЙ И РЕДКИЕ ЗЕМЛИ (ЦЕРИЕВАЯ ГРУППА)

Кнопит  $(\text{Ca}, \text{Ce})(\text{Ti}, \text{Fe})\text{O}_3$   
Лопарит  $(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca} \dots)(\text{Nb}, \text{Ti})\text{O}_3$   
Пироксид  $(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca} \dots)\text{Nb}_2\text{O}_6\text{F}$   
Паризит  $\text{Ca}(\text{Ce}, \text{La} \dots)_2[\text{CO}_3]_3\text{F}_2$   
Монацит  $(\text{Ce}, \text{La} \dots)\text{PO}_4$   
Ксенотим  $\text{YPO}_4$   
Ортит  $(\text{Ca}, \text{Ce})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}[\text{O}, \text{OH}]$

#### КАДМИЙ

Сфалерит (Cd – содержащий)  $\text{ZnS}$

#### КАЛИЙ

Сильвин  $\text{KCl}$   
Карналлит  $\text{MgCl}_2 \times \text{KCl} \times 6\text{H}_2\text{O}$   
Калиевая селитра  $\text{KNO}_3$   
Полигалит  $\text{K}_2\text{MgCa}_2[\text{SO}_4] \times 2\text{H}_2\text{O}$   
Каинит  $\text{KMg}[\text{SO}_4]\text{Cl} \times 3\text{H}_2\text{O}$   
Алунит  $\text{KAl}[\text{SO}_4]_2[\text{OH}]_6$   
Лейцит  $\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$

#### КАЛЬЦИЙ

Кальцит  $\text{CaCO}_3$

#### КОБАЛЬТ

Линнеит  $\text{Co}_3\text{S}_4$   
Кобальтпирит  $(\text{Fe}, \text{Co})\text{S}_2$   
Кобальтин  $\text{CoAsS}$   
Глаукодот  $(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$   
Смальтин  $\text{CoAs}_{3,2}$

\*Примечание: В списке представлены главные минералы, которые являются источником данного металла или соединения.

### ЛИТИЙ

Сподумен  $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$   
Лепидолит  $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{F,OH}]_2$   
Циннвальдит  $\text{KLiFeAl}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}][\text{F,OH}]_2$

### МАГНИЙ

Карналлит  $\text{KMgCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$   
Бишофит  $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$   
Магнезит  $\text{MgCO}_3$

### МАРГАНЕЦ

Гаусманит  $\text{Mn}_3\text{O}_4$   
Браунит  $\text{Mn}_2\text{O}_3$   
Пирролюзит  $\text{MnO}_2$   
Манганит  $\text{MnOОН}$   
Вернадит  $\text{MnO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$   
Псиломелан  $m\text{MnO} \times \text{MnO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$   
Родохрозит  $\text{MnCO}_3$   
Манганокальцит  $(\text{Mn, Ca})\text{CO}_3$

### МЕДЬ

Медь самородная  $\text{Cu}$   
Халькозин  $\text{Cu}_2\text{S}$   
Халькопирит  $\text{CuFeS}_2$   
Борнит  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$   
Ковеллин  $\text{CuS}$   
Куприт  $\text{Cu}_2\text{O}$   
Малахит  $\text{Cu}_2[\text{CO}_3][\text{OH}]_2$   
Азурит  $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2[\text{OH}]_2$   
Хризоколла  $\text{CuSiO}_3 \times n\text{H}_2\text{O}$

### МОЛИБДЕН

Молибденит  $\text{MoS}_2$

### МЫШЬЯК

Реальгар  $\text{AsS}$   
Аурипигмент  $\text{As}_2\text{S}_3$   
Лёллингит  $\text{FeAs}_2$   
Арсенопирит  $\text{FeAsS}$   
Скородит  $\text{FeAsO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$

### НАТРИЙ

Галит  $\text{NaCl}$   
Натриевая селитра  $\text{NaNO}_3$   
Сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$   
Мирабалит  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$

### НИКЕЛЬ

Пентландит  $(\text{Fe, Ni})_9\text{S}_8$   
Миллерит  $\text{NiS}$   
Полидимит  $\text{Ni}_3\text{S}_4$   
Виоларит  $\text{FeNi}_2\text{S}_4$   
Ваэсит  $\text{NiS}_2$   
Бравоит  $(\text{Ni, Fe})\text{S}_2$   
Никелин  $\text{NiAs}$   
Хлоантит  $\text{NiAs}_{3,2}$

Раммельсбергит  $\text{NiAs}_2$   
Герсдорфит  $\text{NiAsS}$   
Шухардит  $(\text{Ni, Mg, Al})_6[(\text{Si, Al})\text{Si}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$   
Ревдинскит  $(\text{Ni, Mg})_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$   
Гарниерит  $\text{Ni}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_4 \times 4\text{H}_2\text{O}$

### НИОБИЙ И ТАНТАЛ

Колумбит  $(\text{Fe, Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$   
Танталит  $(\text{Fe, Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$   
Лопарит  $(\text{Na, Ce, Ca})(\text{Nb, Ti})\text{O}_3$   
Пирохлор  $(\text{Na, Ca})_2(\text{Nb, Ti} \dots)_2\text{O}_6[\text{F, OH}]$

### ОЛОВО

Касситерит  $\text{SnO}_2$

### ПЛАТИНОИДЫ

Платина  $\text{Pt}$   
Поликсен  $(\text{Pt, Fe})$   
Палладистая платина  $(\text{Pt, Pd})$   
Невьянскит  $(\text{Ir, Os})$   
Сысертскит  $(\text{Os, Ir})$   
Сперрилит  $\text{PtAs}_2$

### РТУТЬ

Киноварь  $\text{HgS}$

### СВИНЕЦ

Галенит  $\text{PbS}$   
Церуссит  $\text{PbCO}_3$   
Англезит  $\text{PbSO}_4$

### СЕРЕБРО

Серебро самородное  $\text{Ag}$   
Аргентит (акантит)  $\text{Ag}_2\text{S}$   
Пираргирит  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$   
Прустит  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$

### СТРОНЦИЙ

Стронцианит  $\text{SrCO}_3$   
Целестин  $\text{SrSO}_4$

### СУРЬМА

Антимонит  $\text{Sb}_2\text{S}_3$

### ТАЛЛИЙ

Марказит (таллиеносный)  $\text{FeS}_2$

### ТЕЛЛУР

Тетрадимит  $\text{BiTe}_2\text{S}$

### ТИТАН

Ильменит  $\text{FeTiO}_3$   
Рутил  $\text{TiO}_2$   
Перовскит  $\text{CaTiO}_3$   
Сфен  $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$



### ТОРИЙ

Монацит (ториеносный)  $(Ce, La, Th)(PO_4, SiO_4)$

Торит  $ThSiO_4$

Ферриторит  $(Th, Fe)SiO_4$

### УРАН

Уранинит  $UO_2$

Торбернит  $Cu[UO_2]_2[PO_4]_2 \times 12H_2O$

Цейнерит  $Cu[UO_2]_2[AsO_4]_2 \times 12H_2O$

Метаторбернит  $Cu[UO_2]_2[PO_4]_2 \times 8H_2O$

Метацейнерит  $Cu[UO_2]_2[AsO_4]_2 \times 8H_2O$

Тюямунит  $Ca[UO_2]_2[VO_4]_2 \times 8H_2O$

Карнотит  $K_2[UO_2]_2[VO_4]_2 \times 3H_2O$

Казолит  $Pb[UO_2][SiO_4] \times H_2O$

### ХРОМ

Хромшпинелиды  $(Mg, Fe)(Cr, Al, Fe)_2O_4$

### ЦЕЗИЙ

Поллуцит  $Cs[AlSi_2O_6]$

### ЦИНК

Сфалерит  $ZnS$

Смитсонит  $ZnCO_3$

Монгеймит  $(Zn, Fe)CO_3$

Виллемит  $Zn_2SiO_4$

Каламин  $Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \times H_2O$

### ЦИРКОНИЙ

Циркон  $ZrSiO_4$

Эвдиалит  $(Na, Ca)_6ZrSi_6O_{17}(O, OH, Cl)$

## Алфавитный указатель минералов

- А**
- авантюрин 31
  - авгит базальтический 56
  - авгит обыкновенный 56
  - агат 34
  - адуляр 47
  - азурит 36
  - аквамарин 50
  - акмит 57
  - актинолит 51
  - актинолит-асбест 51
  - алларгентум 21
  - алмаз 18
  - альбит 48, 77, 78
  - альмандин 59
  - алюмохромит 35
  - амазонит 47
  - аметист 31
  - амфиболы 50, 51
  - ангидрит 37, 40, 41, 75
  - андезин 48
  - андрадит 59
  - анимикит 21
  - анортит 48
  - антигорит 52
  - антимонит 22
  - апатит 44
  - арсенопирит 22
  - асболан 34
  - аурипигмент 23
  - ахроит 58
- Б**
- баллас 18
  - барит 41
  - берилл 50
  - биотит 55
  - бирюза (каллаит) 45
  - битовнит 48
  - блеск железный 29
  - блеск молибденовый 24
  - блеск свинцовый 23
  - борт 18
  - бриллиант 18
  - брункит 26
  - бура (тинкаль) 46
- В**
- вад 34
  - верделит 58
  - вермикулит 56
  - вивианит 45
  - волканит 21
  - волластонит 60
  - вольфрамит (волчец) 44
  - воробьевит 50
- Г**
- галенит 23
  - галит 27
  - гелиодор 50
  - гелиотроп 34
  - гематит 29
  - гётит 29
  - гиалит 33
  - гиббсит (гидраргиллит) 30
  - гипс 10, 15, 16, 40, 41, 69, 71, 73, 75
  - глаз кошачий 31
  - глаз соколиный 31
  - глина каолининовая 71
  - глина монтмориллонитовая 71
  - глина огнеупорная 53
  - глина фарфоровая 53
  - глыба 66
  - гнейс 78, 80
  - голова бурая стеклянная 29, 33
  - голова красная стеклянная 29
  - гранаты 59
  - графит 19
  - грейзен 78, 79
  - гроссуляр 59
  - гумучионит 26
- Д**
- диаспор 30
  - диопсид 57
  - дистен (кианит) 59
  - доломит 16, 36, 37, 71, 74, 79
  - дравит 58
- Ж**
- железняк бурый 33, 69, 76
  - железняк красный 29
  - железняк титанистый 30
  - жемчуг 37
  - жировик (стеатит) 53
- З**
- зелень медная 38
  - золото 20

## И

изумруд 50  
ильменит 30  
индиголит 58

## К

кальцит 37  
камень горшечный 53  
камень литографский 37  
камень лунный 47  
камень масляный 48  
камень оловянный 31  
камень солнечный 47  
каолинит 53  
карбонадо 19  
карнеолоникс 34  
касситерит 31  
касситерит деревянистый 31  
кварц 31  
кварц зеленый 31  
кварцит 78, 79  
кварц молочно-белый 31  
кварц розовый 31  
керченит 45  
киноварь 24  
клейофан 26  
клинопирротин 25  
клифтонит 19  
колофан 44  
конгсбергит 21  
корунд 32  
кремень 34, 75  
крокоит 43  
куприт 32  
кюстелит 21

## Л

лабрадор 47, 48  
лазурит 49  
лейкосапфир 32  
лепидомелан 55  
лизардит 52  
лимонит 33

## М

магнезит 37  
магнетит 33  
магнохромит 35  
малахит 38  
марматит 26  
мартит 29  
медь 20  
микроклин 47  
мирабилит (глауберова соль) 42

молибденит 24  
морион 31  
мороксит 44  
мошеландсбергит 21  
мусковит 54

## Н

наждак 32  
натрит (сода) 39  
натрон (сода) 39  
нефелин 48  
нефрит 51, 52  
нитратин 39

## О

обманка печенковая 26  
обманка скорлуповатая 26  
оксикерченит 45  
оливин 50  
олигоклаз 48  
оникс 34  
опал 33  
опал благородный 33  
ориент-аметист 32  
ориент-изумруд 32  
ориент-топаз 32  
ортоклаз 47  
офит 52  
охра желтая 33  
охра красная 29

## П

пена марганцевая 34  
пикотит 35  
пирит 5, 25  
пироп 59, 64  
пирротин 25  
плагиоклазы 10, 47, 48, 64, 77  
плазма 34  
плеонаст 35  
повеллит 43  
полуопал 33  
псиломелан 34  
пьемонтит 57

## Р

ратовкит 27  
реальгар 26  
роговая обманка 51  
роговая обманка базальтическая 51  
роговая обманка обыкновенная 51  
родонит (орлец) 61  
родохрозит 38  
роза железная 29

рубеллит 58  
рубин 32  
руда бобовая 33  
руда кирпичная 32  
руда печенковая 24

### С

санидин 47  
сапфир 32  
сапфирин 34  
сардер 34  
сардоникс 34  
свинчак 23  
селенит 41  
селитра калиевая (индийская) 40  
селитра натриевая (чилийская) 39  
сера 21  
сердолик 34  
серебро 21, 22  
серебро кошачье 55  
серицит 54  
серпентин (змеевик) 52  
сибирит 58  
сидерит 16, 38, 39, 71, 74  
сильвин 28  
синь медная 36  
слюдка железная 29  
сметана железная 29  
сода 39  
спекулярит 29  
спессартин 59  
стекло марьино 41  
сфалерит 26  
сфен (титанит) 60

### Т

талък 53  
танзанит 57  
тенардит 39, 42  
топаз 49  
тремолит 52  
тремолит-асбест (биссолит) 52  
трепел 75  
троилит 25  
тулит 57  
турмалин 58

### У

уваровит 59

уралит 51

### Ф

флогопит 55  
флюорит 27  
фосфорит 44, 73, 76  
фуксит 54

### Х

халцедон 32, 34  
халцедон моховой 34  
халькопирит 26  
халькотрихит 32  
хлорит 54  
хлорошпинель 35  
хризолит (перидот) 50  
хризопраз 34  
хризотил-асбест 52  
хромдиоксид 57  
хромит 35  
хромпикотит 35  
хрусталь горный 31

### Ц

цейлонит 35  
целестин 42  
цитрин 31

### Ш

шерл 58  
шпат бумажный 37  
шпат досчатый 60  
шпат известковый 37  
шпат исландский 37  
шпат магнезиальный 37  
шпат марганцевый 38  
шпат плавиковый 27  
шпат полевои 46, 47, 64, 76, 80  
шпинель 35  
шпинель красная 35  
шпинель черная 35

### Э

эгирин 57  
электрум 20  
элеолит 48  
эльбаит 58  
энстатит 56  
эпидот 57

### Алфавитный указатель горных пород

#### А

алеврит 66, 71  
алевролит 66, 71  
амфиболит 78, 80  
ангидрит 37, 40, 41, 75  
андезит 64  
антрацит 73, 76  
аргиллит 66, 71

#### Б

базальт 64  
боксит 72  
бомба вулканическая 73  
брекчия 66, 70  
брекчия тектоническая 70

#### В

валун 66

#### Г

габбро 64  
галечник 66, 70  
гипс 10, 15, 16, 40, 41, 69, 71, 73, 75  
глина каолининовая 71  
глина монтмориллонитовая 71  
глыба 66  
гнейс 78, 80  
гравий 66  
гранит 17, 64, 78  
гранулит 78, 80  
грейзен 78, 79

#### Д

диорит 64, 78  
доломит 16, 36, 37, 71, 74, 79  
дресва 66  
дунит 64

#### Ж

железняк бурый 33, 69, 76  
жеода кремневая 75

#### И

известняк 74, 75, 81  
известняк-ракушечник 74

#### К

катаклазит 78  
кварцит 78, 79  
кимберлит 64

конгломерат 66, 70  
кремень 34, 75

#### Л

лапилли вулканические 73  
латерит 76  
лёсс 71  
липарит 64  
лиственит 79

#### М

меймечит 64  
мел 69, 73, 74  
мергель 74, 78  
мигматит 80  
мрамор 17, 78, 79

#### Н

нефть 76

#### О

обсидиан 64  
опока 75

#### П

пегматит 64  
пелиты 66  
пемза 64  
пепел вулканический 73  
перидотит 64  
песок вулканический 73  
песок глауконитовый 71  
песок карбонатный 71  
песок кварцевый 70  
песчаник 66, 69, 70, 71, 82  
пикрит 64  
пироксенит 64  
пироп 59, 64  
порода железистая 72  
порода зеленокаменная 78  
порода марганцевая 76  
пропилит 78  
псаммиты 66  
псефиты 66

#### Р

риолит 64  
роговик 78, 79

#### С

серпентинит 78, 79

сидерит 16, 38, 39, 71, 74  
сиенит 64  
сильвинит 75  
скарн 78, 79  
сланец глинистый 72  
сланец горючий 76  
сланец зеленый 78  
сланец серицитовый 78  
сланец слюдяной 78, 80  
сланец тальковый 80  
сланец хлоритовый 80  
соль каменная 9, 69, 73, 75

#### Т

торф 76  
трахит 64  
трепел 75  
туф 73, 74, 81  
туфоалевролит 73  
туфоаргиллит 73  
туфогравелит 73  
туфоконгломерат 73  
туфопесчаник 73  
туффит агломератовый 73

туффит лапильевый 73  
туффит пепловый 73  
туффит песчаный 73

#### У

уголь бурый 73, 76  
уголь каменный 73, 76

#### Ф

филлит 78, 80  
филлонит 78  
фонолит 64  
фосфорит 44, 73, 76

#### Щ

щебень 66

#### Э

эвапорит 73  
эклогит 78, 80

#### Я

яшма 75



Фотографии горных пород  
(а – макроструктура, б – микроструктура)

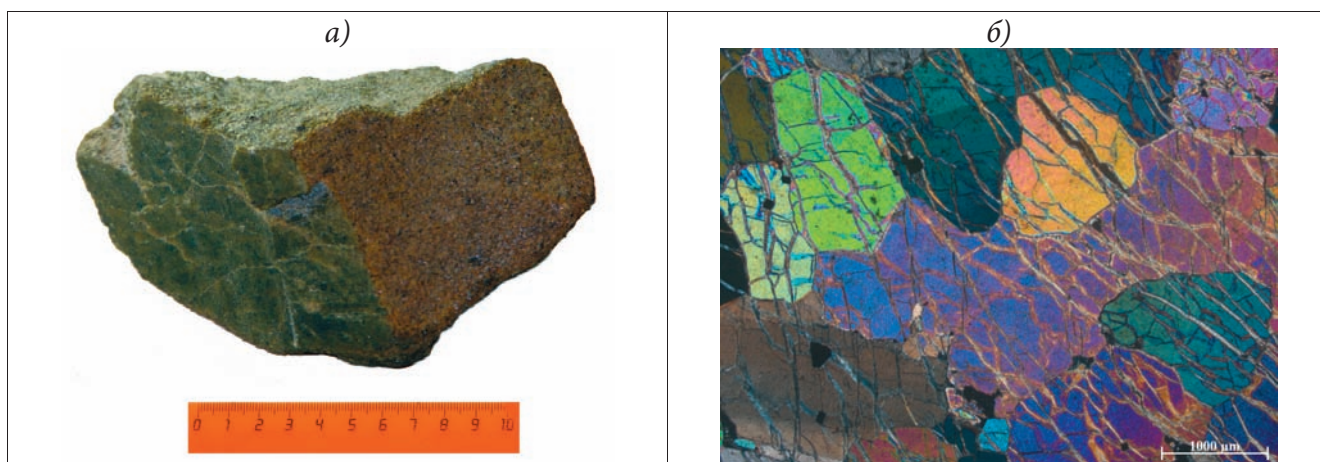


Рис. 1. Дунит



Рис. 2. Габбро

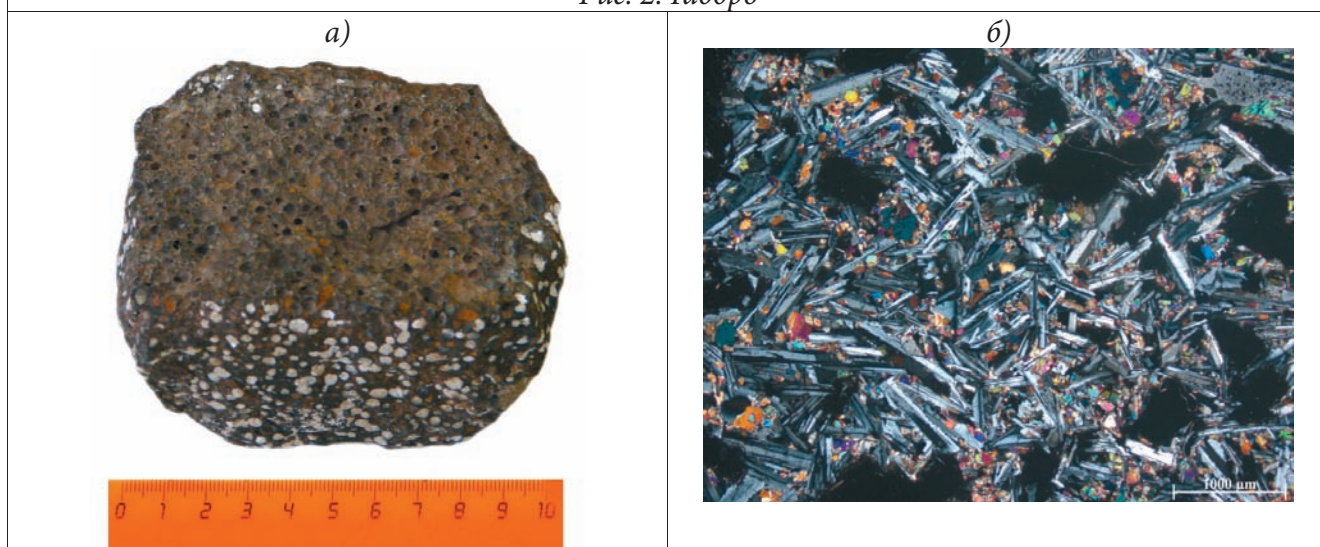


Рис. 3. Базальт



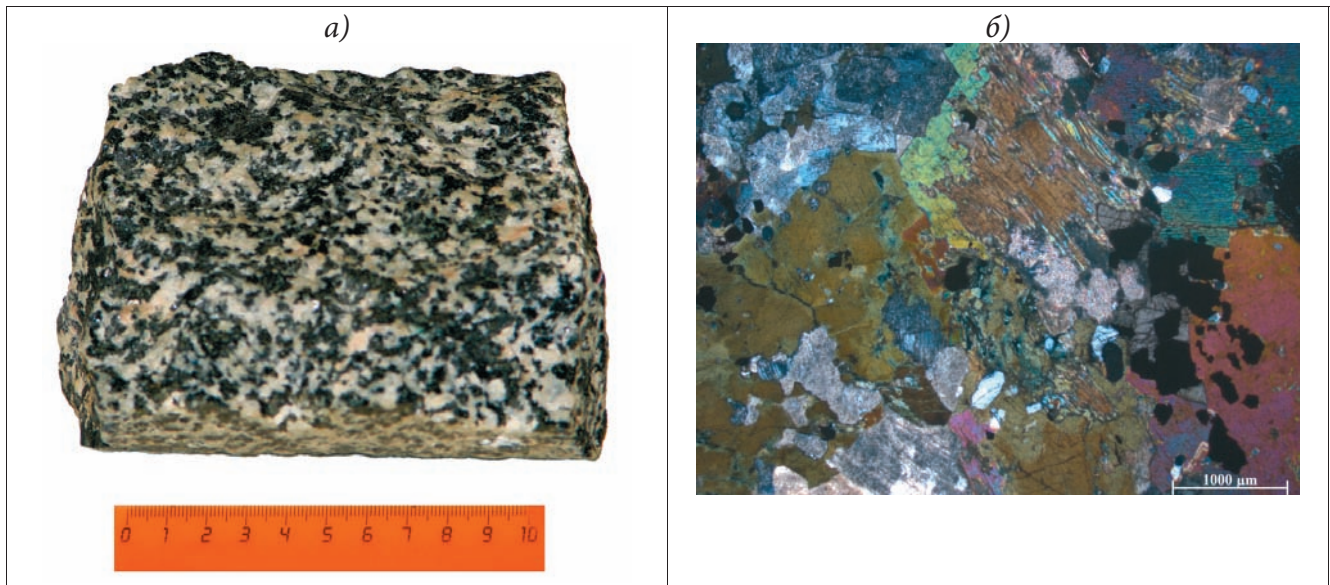


Рис. 4. Диорит

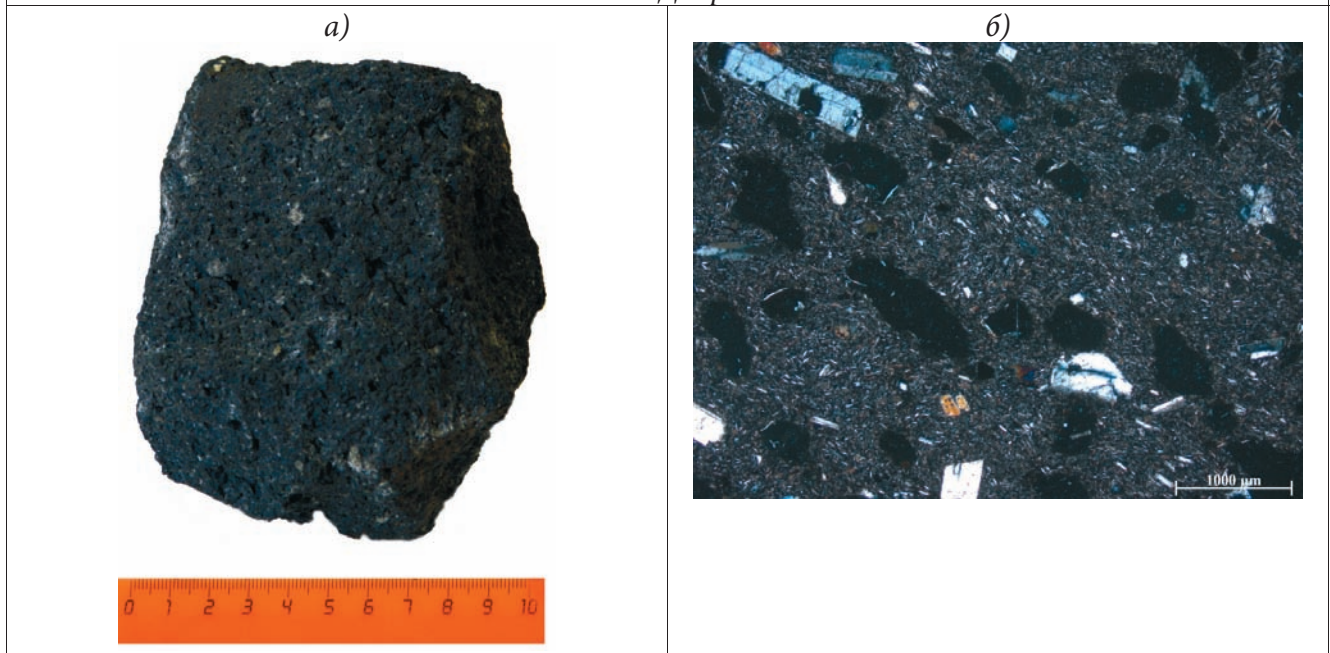


Рис. 5. Андезит пористый

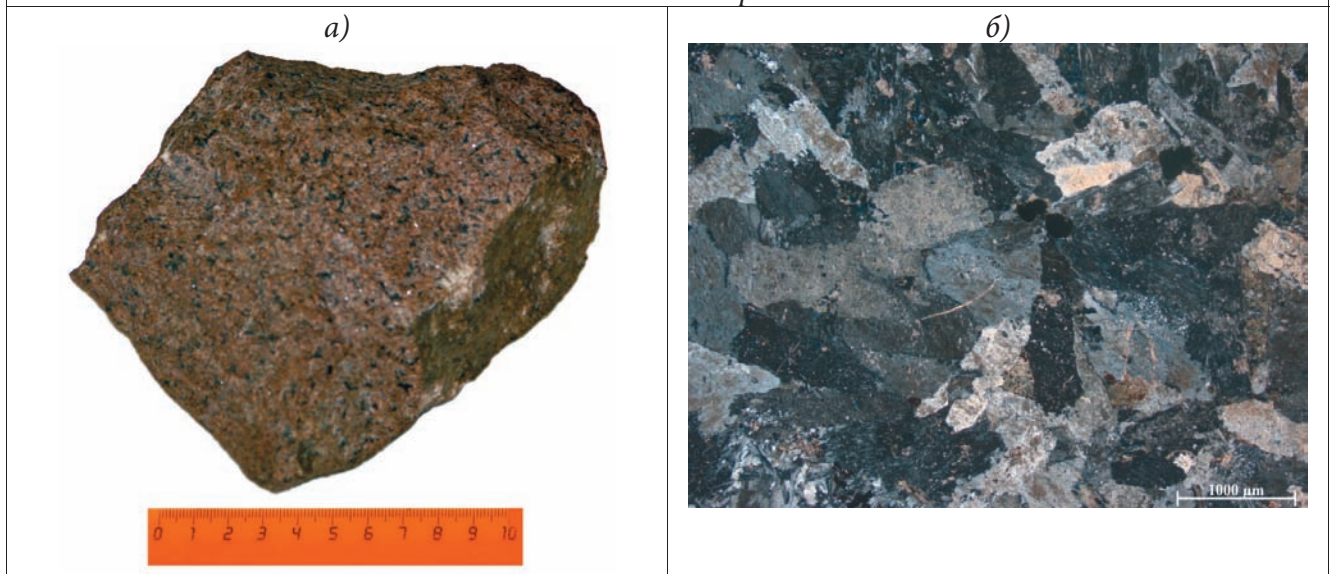


Рис. 6. Сиенит



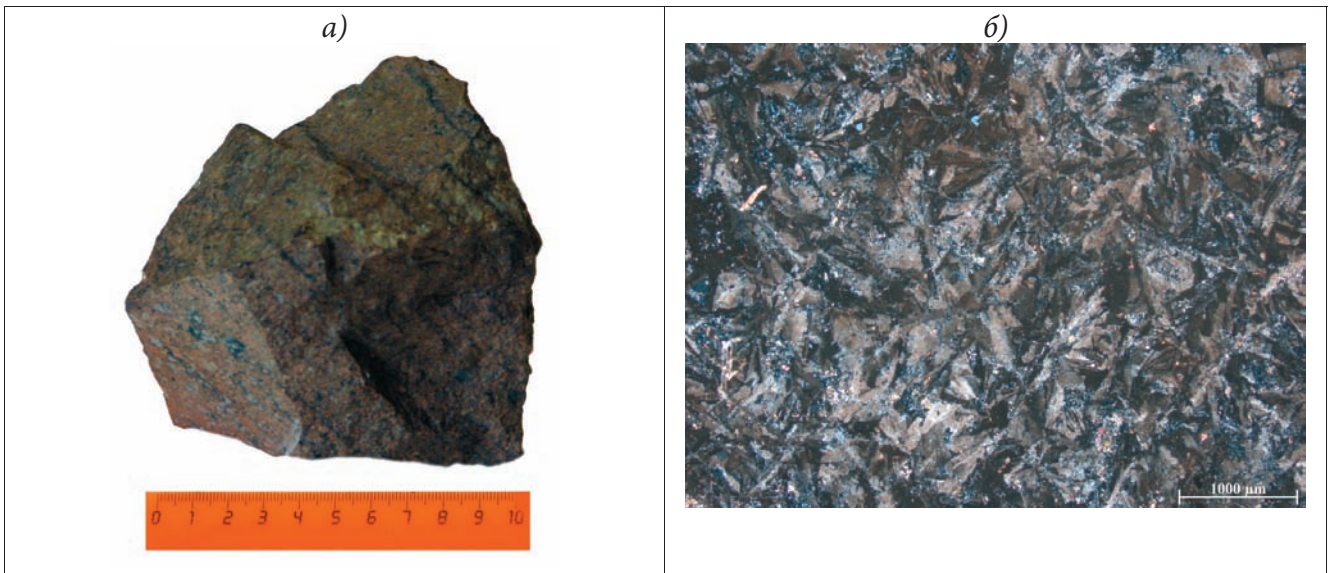


Рис. 7. Трахит

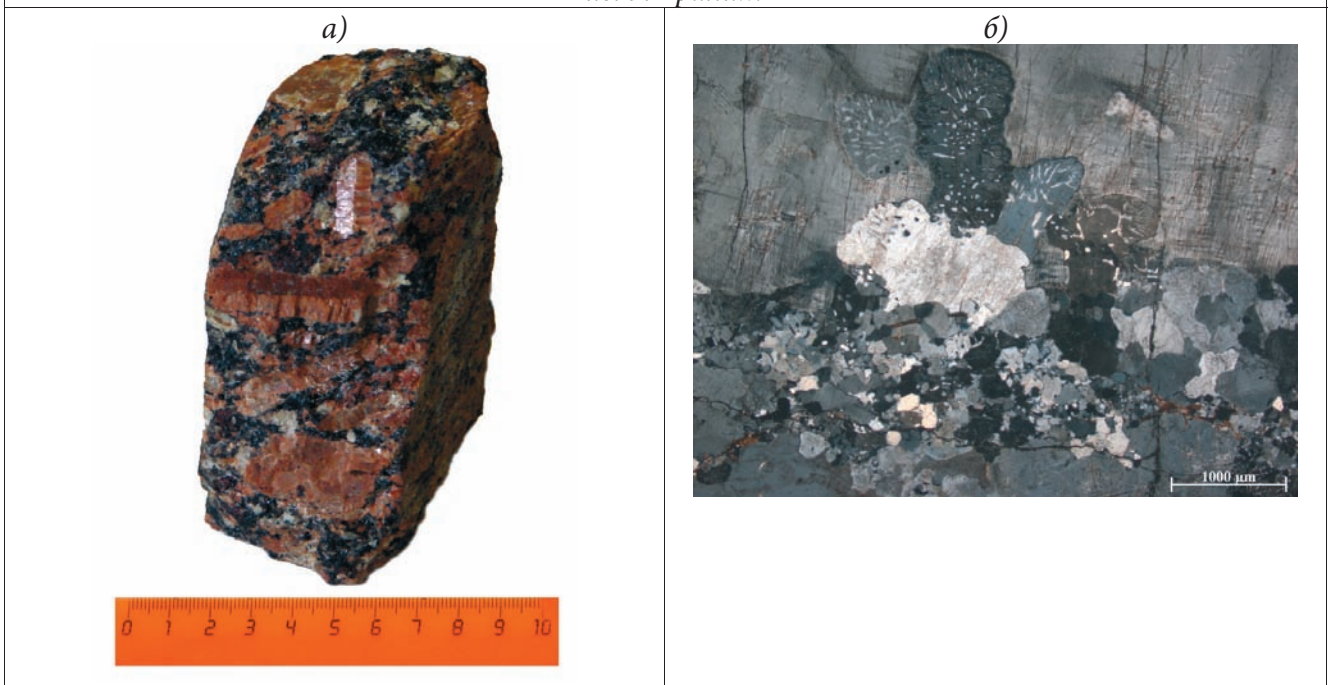


Рис. 8. Гранит

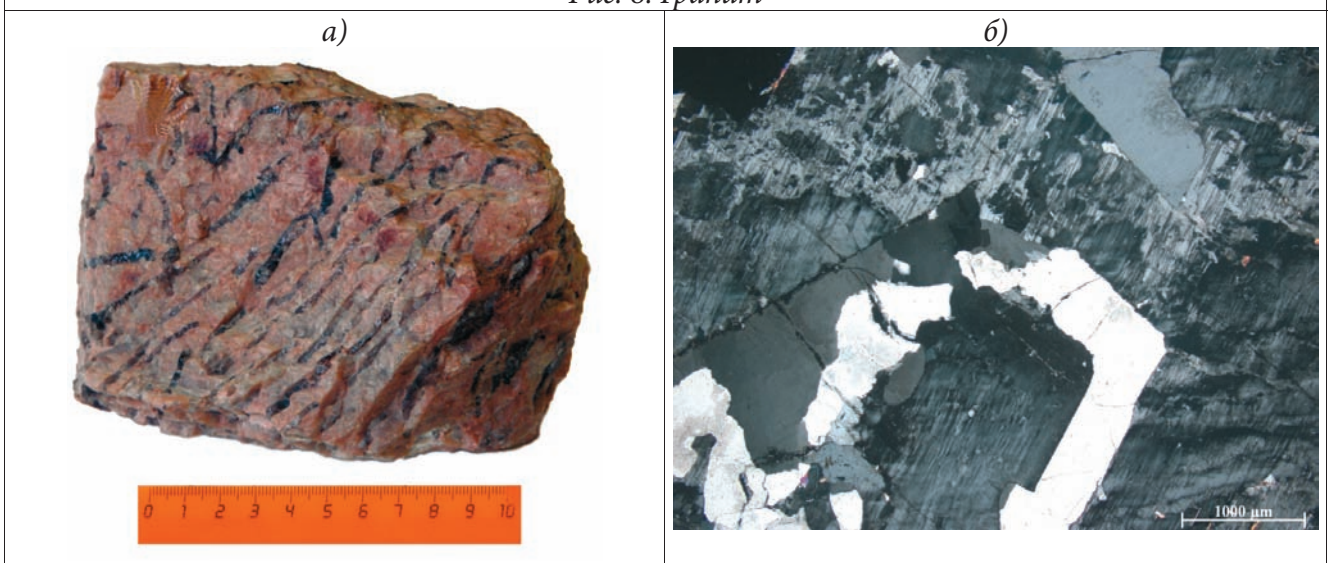


Рис. 9. Пегматит



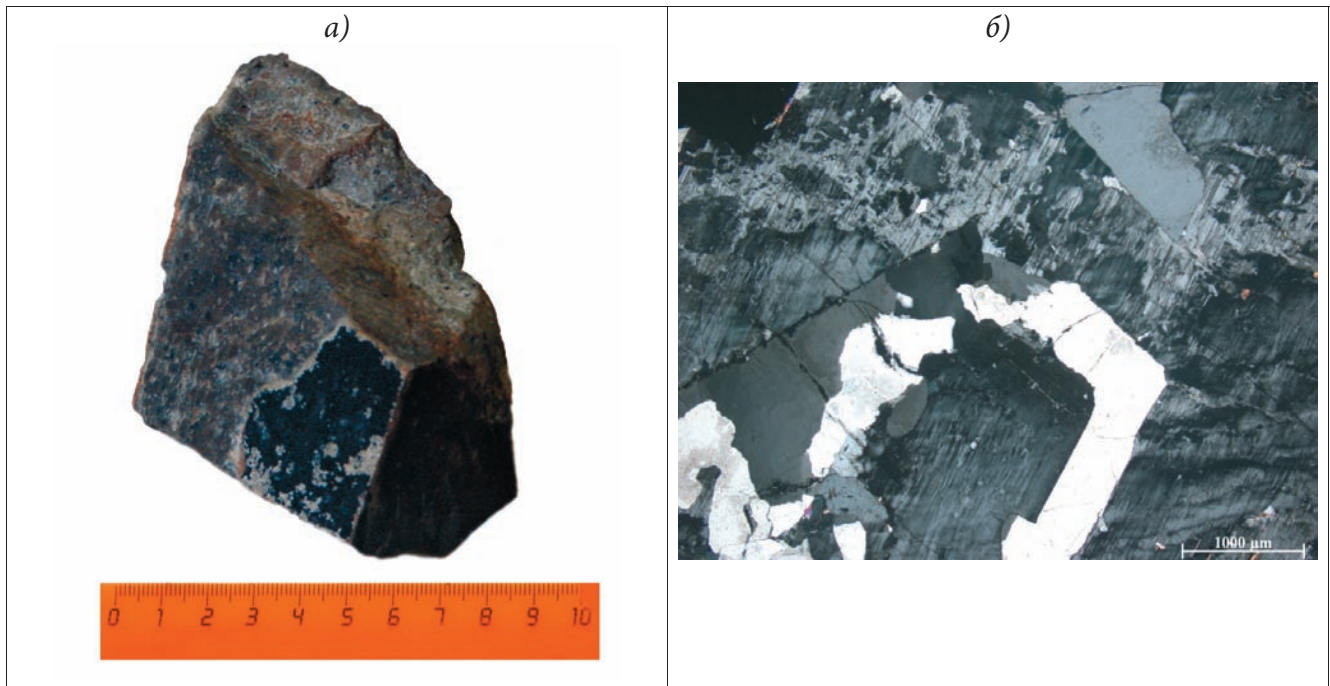


Рис. 10. Риолит

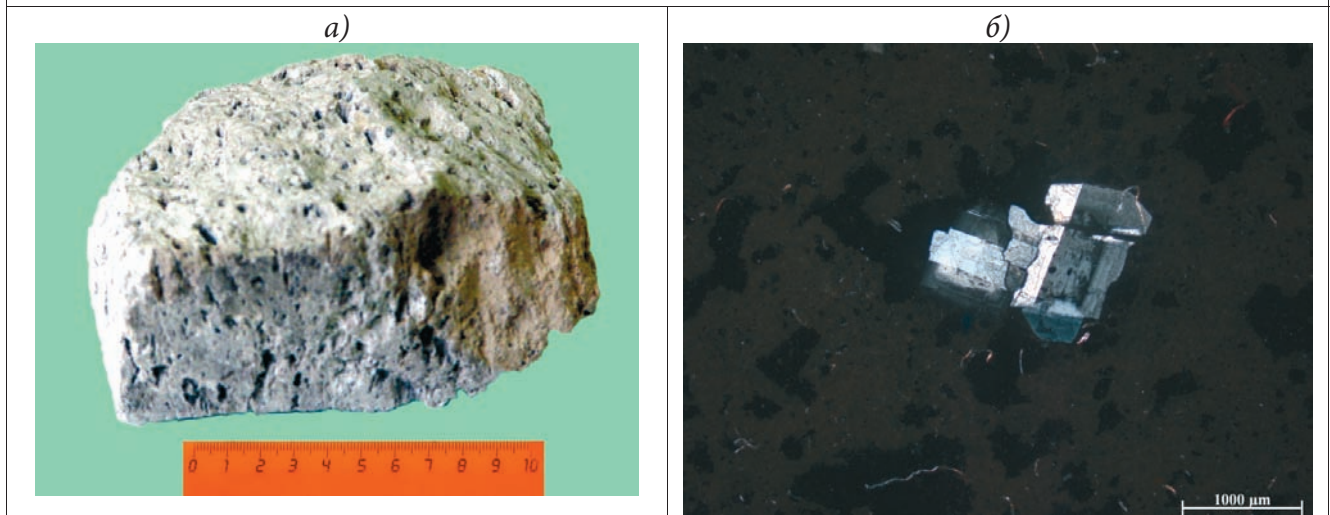


Рис. 11. Пемза

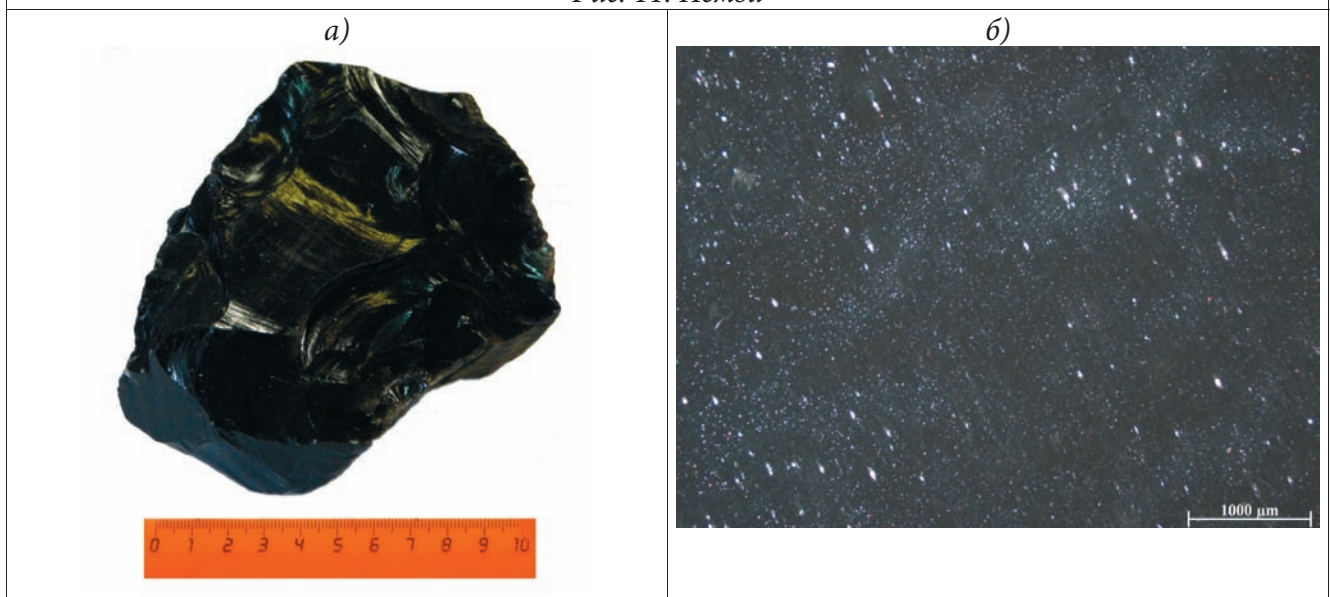


Рис. 12. Обсидиан



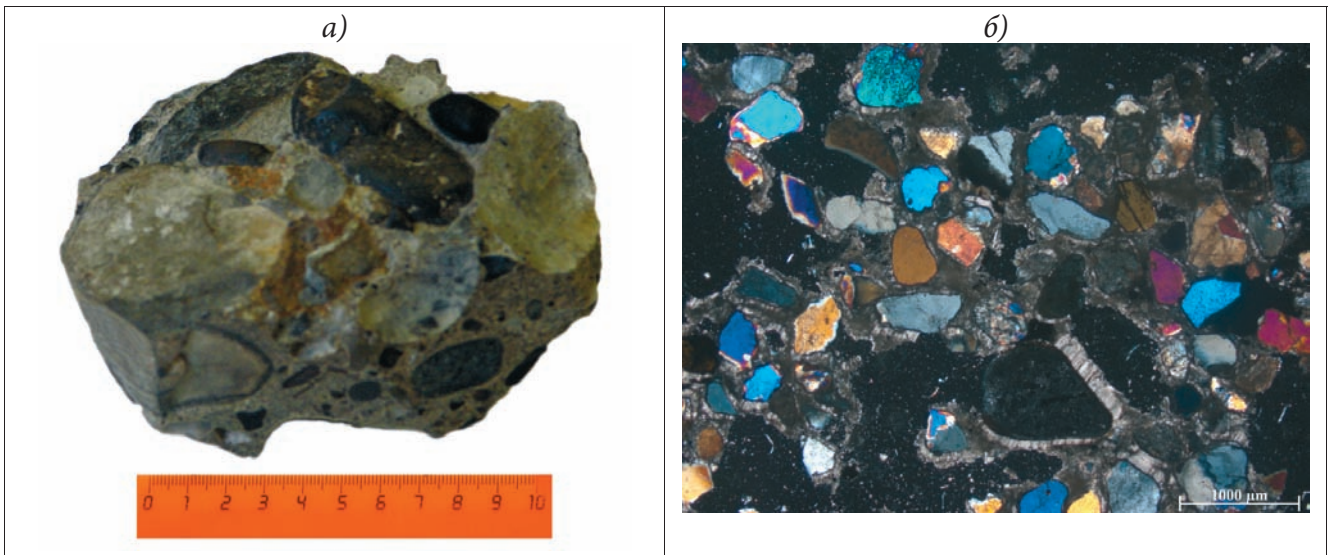


Рис. 13. Конгломерат

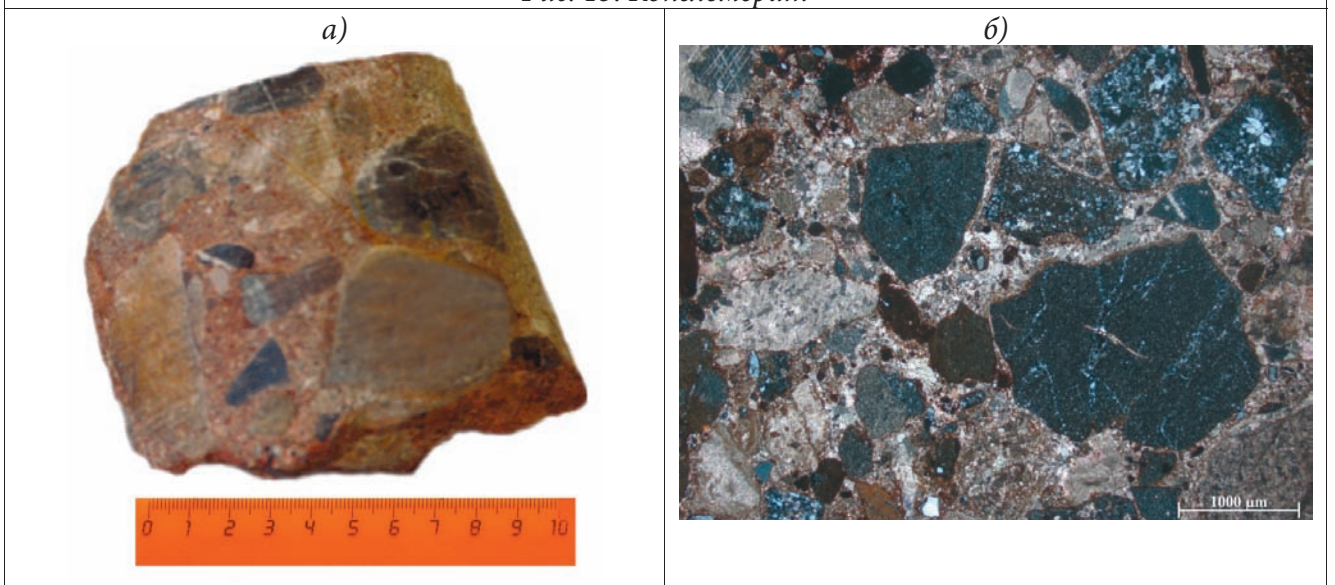


Рис. 14. Брекчия

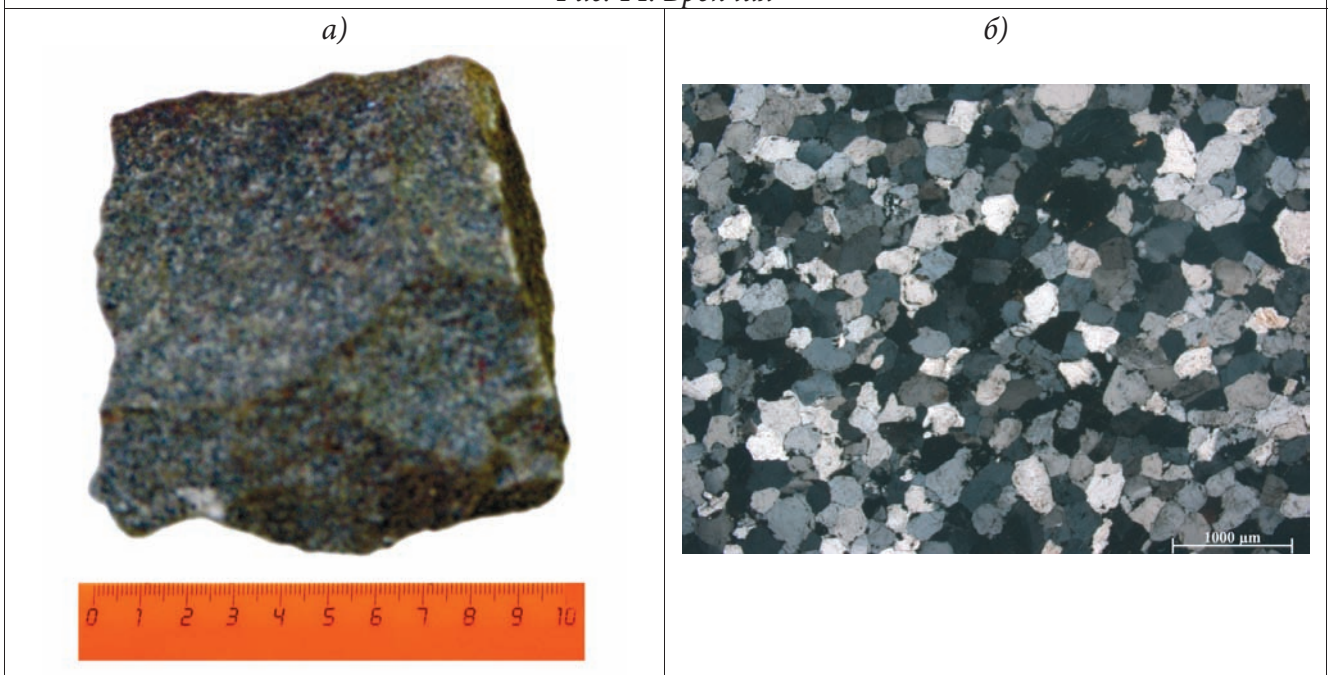


Рис. 15. Песчаник



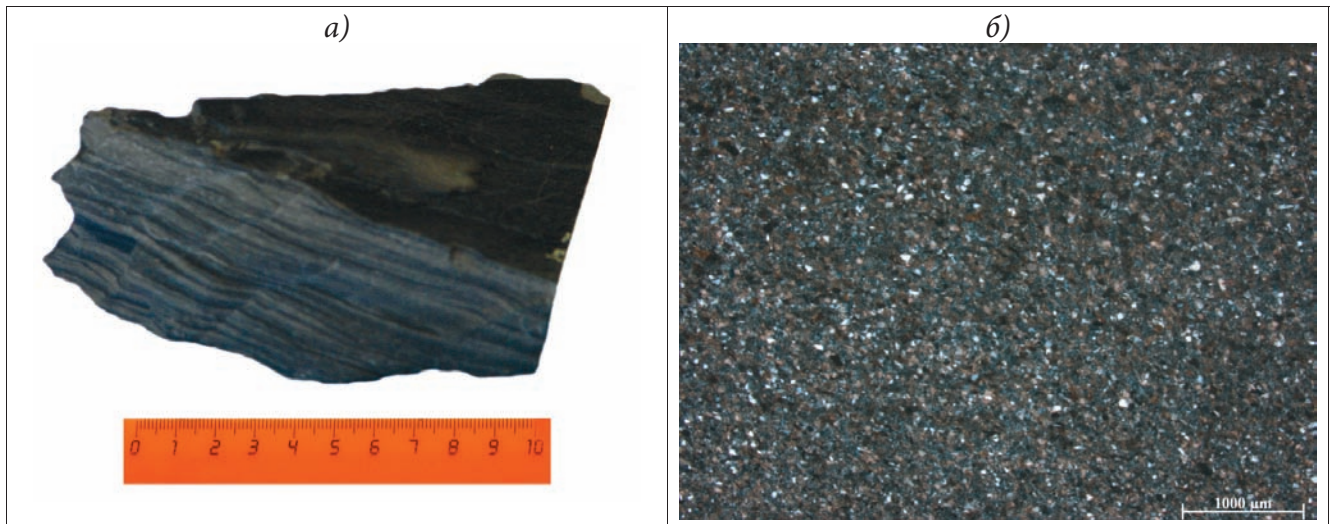


Рис. 16. Алевролит

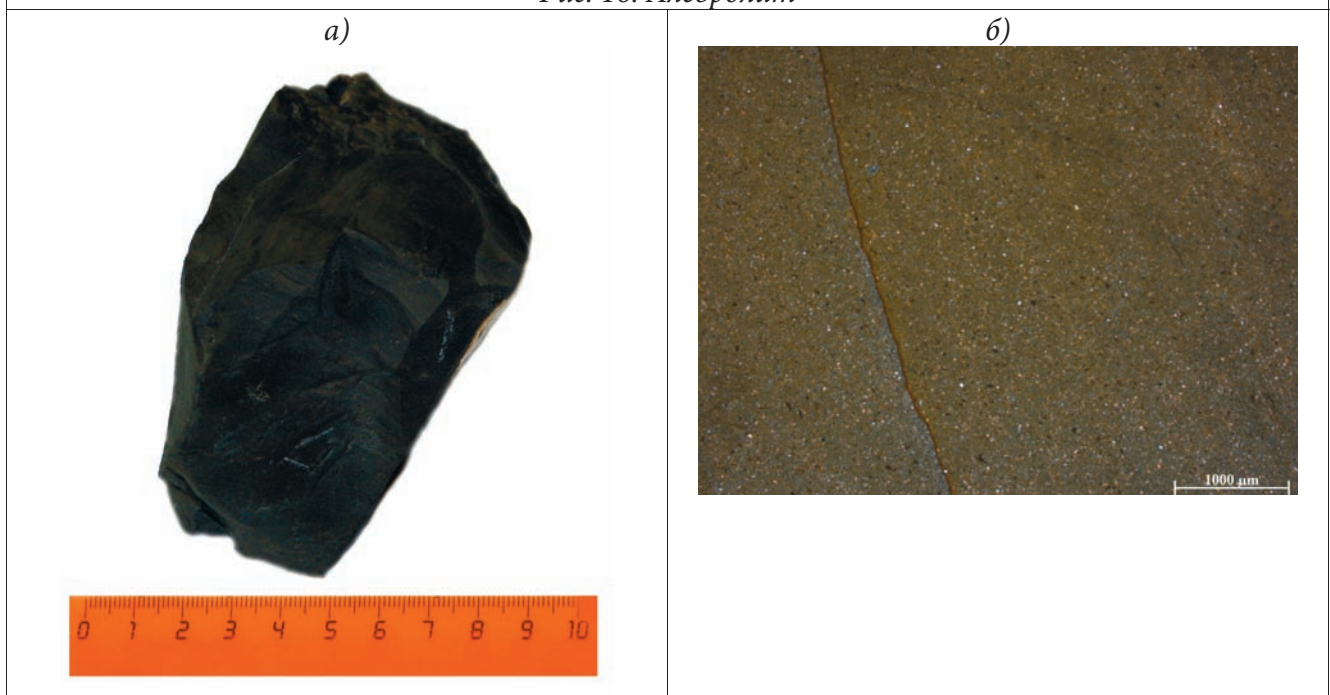


Рис. 17. Аргиллит

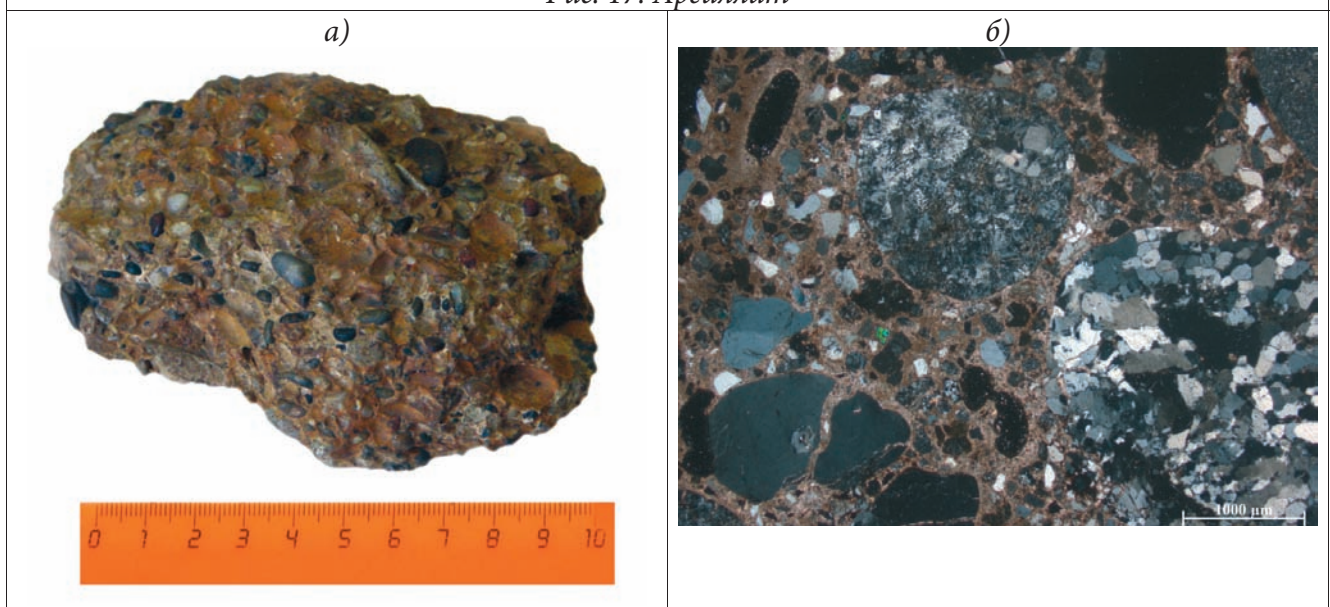


Рис. 18. Гравелит



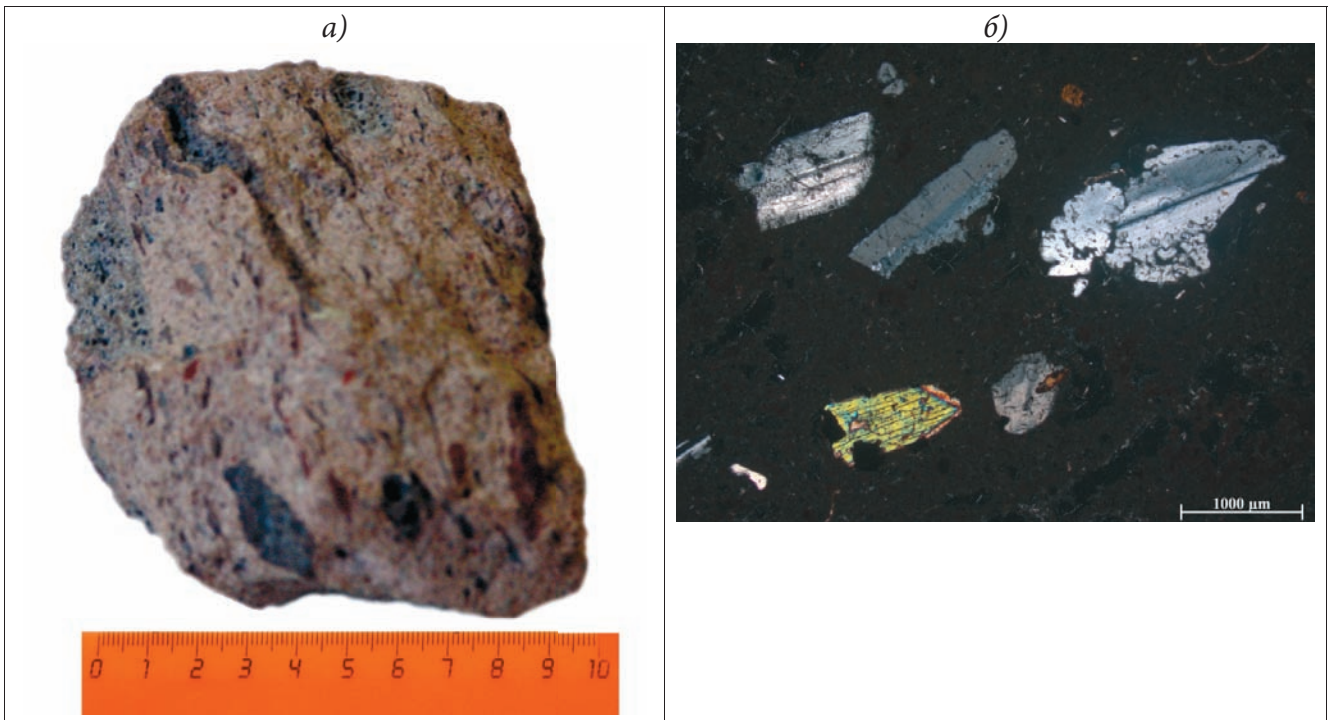


Рис. 19. Туф перловый

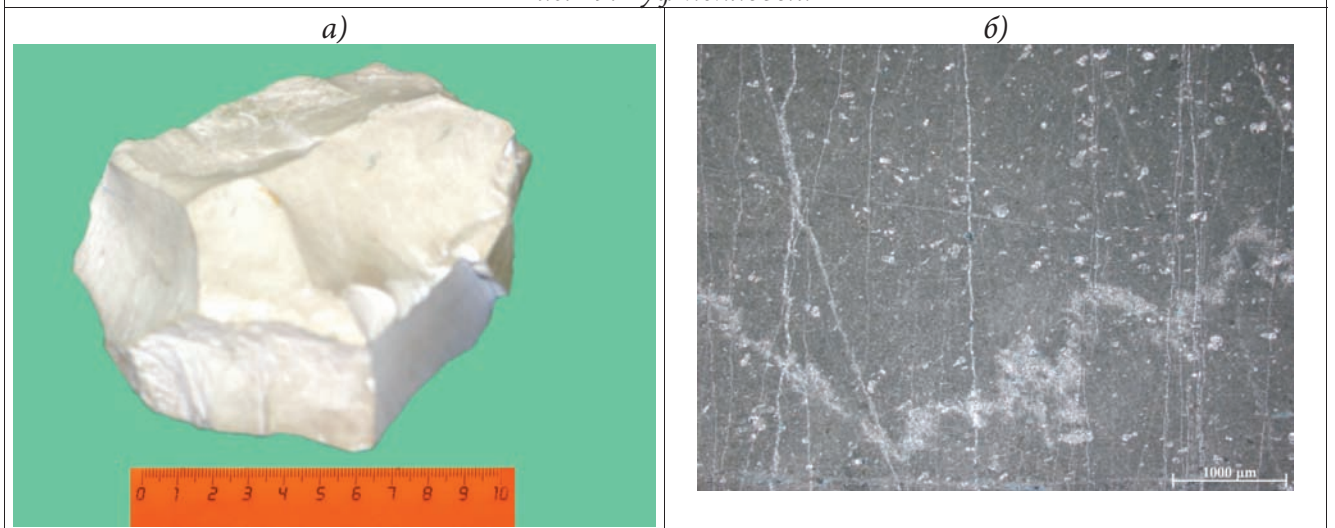


Рис. 20. Известняк

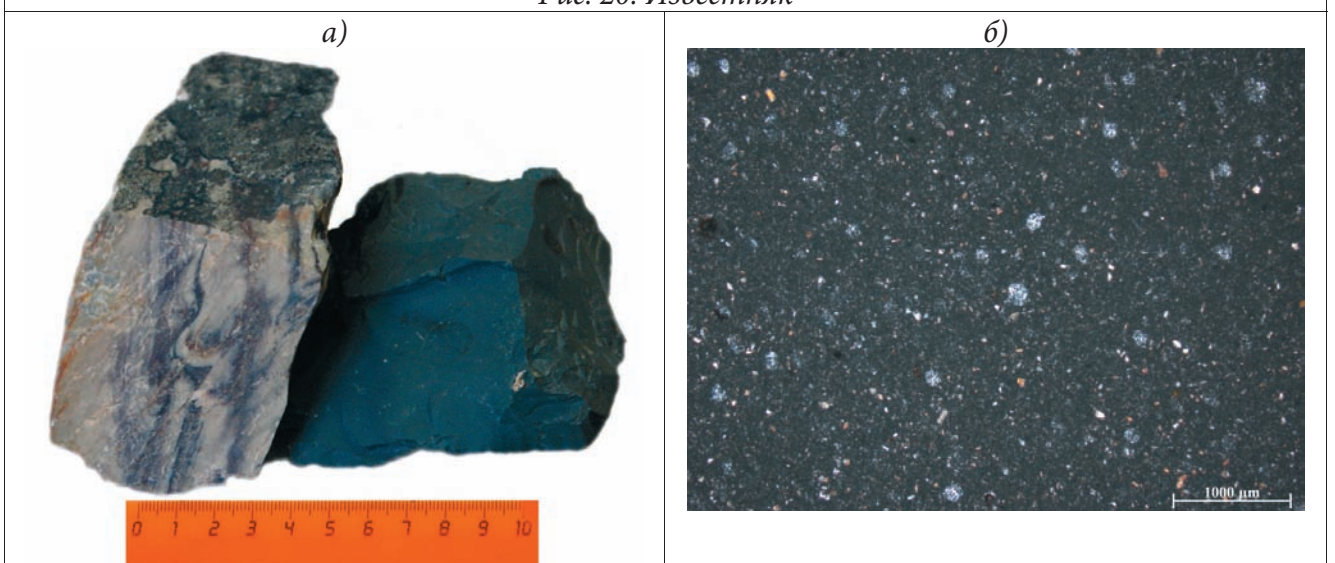


Рис. 21. Яшма





Рис. 22. Гипс

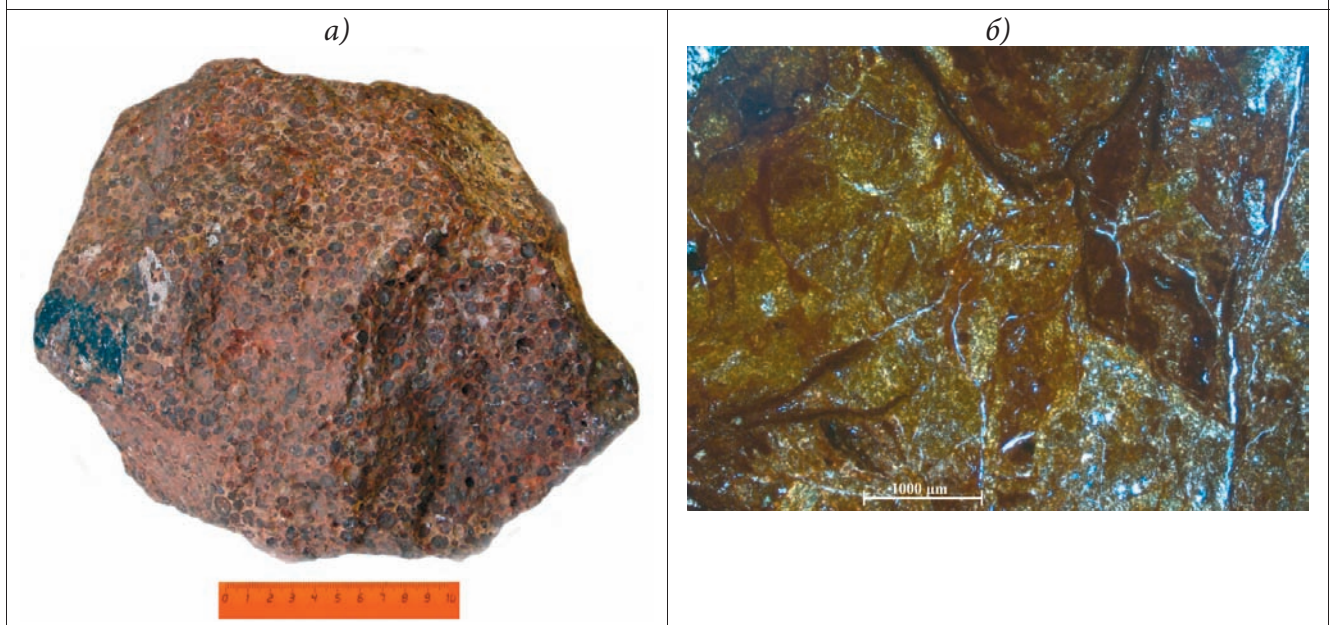


Рис. 23. Боксит



Рис. 24. Сланец глинистый





Рис. 25. Растительный отпечаток в алевролите



Рис. 26. Окремненное дерево

а)



б)

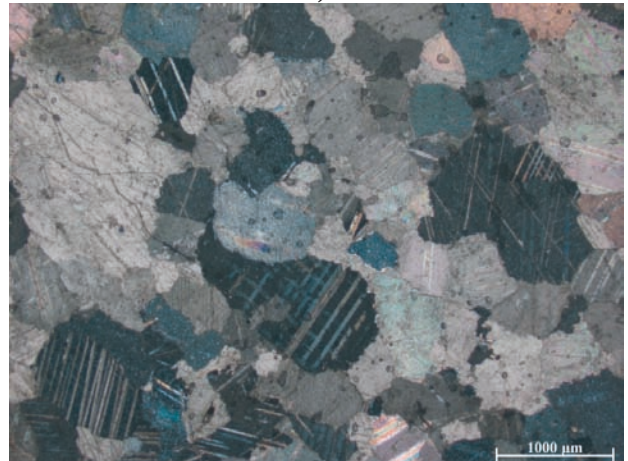


Рис. 27. Мрамор

а)



б)

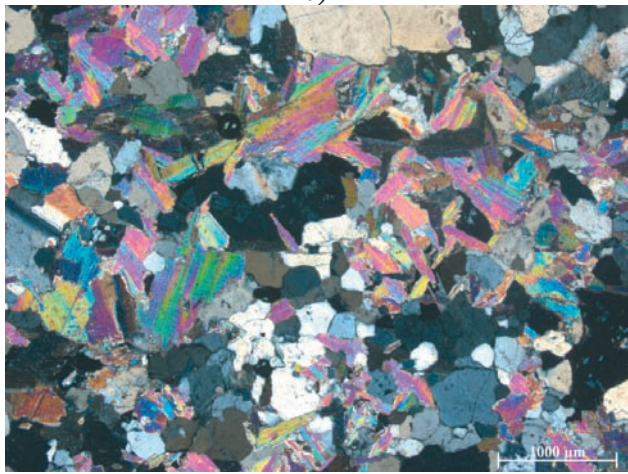


Рис. 28. Грейзен



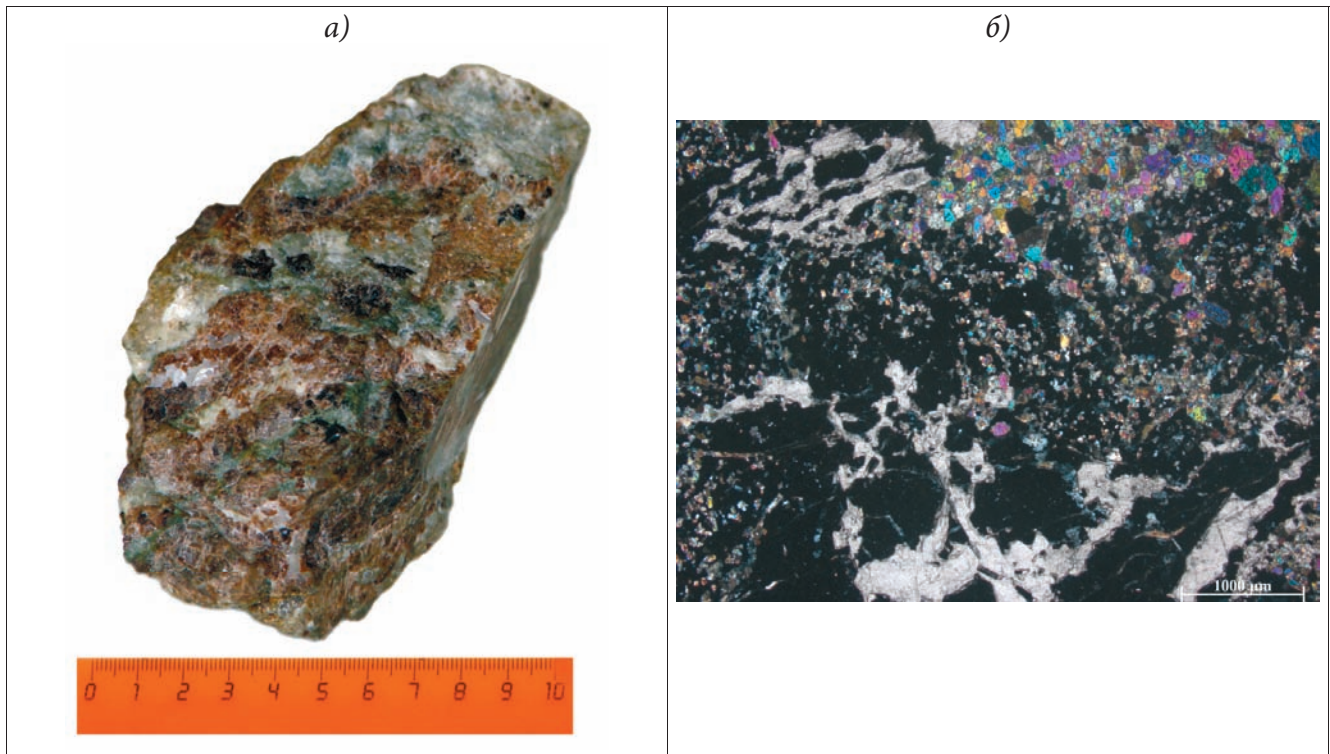


Рис. 29. Скарн

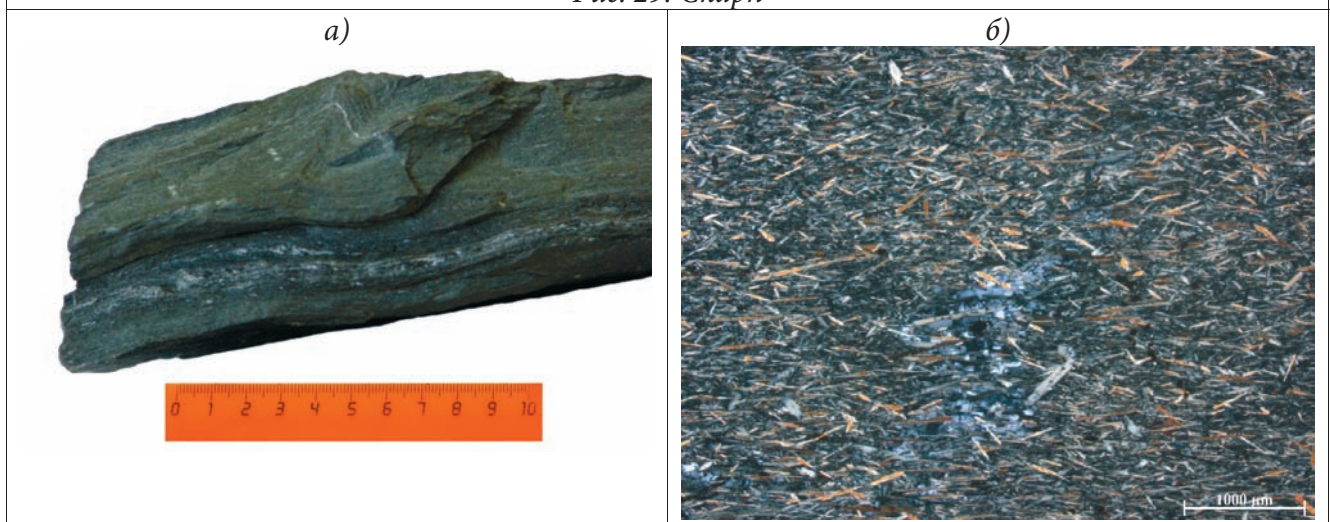


Рис. 30. Зеленый сланец

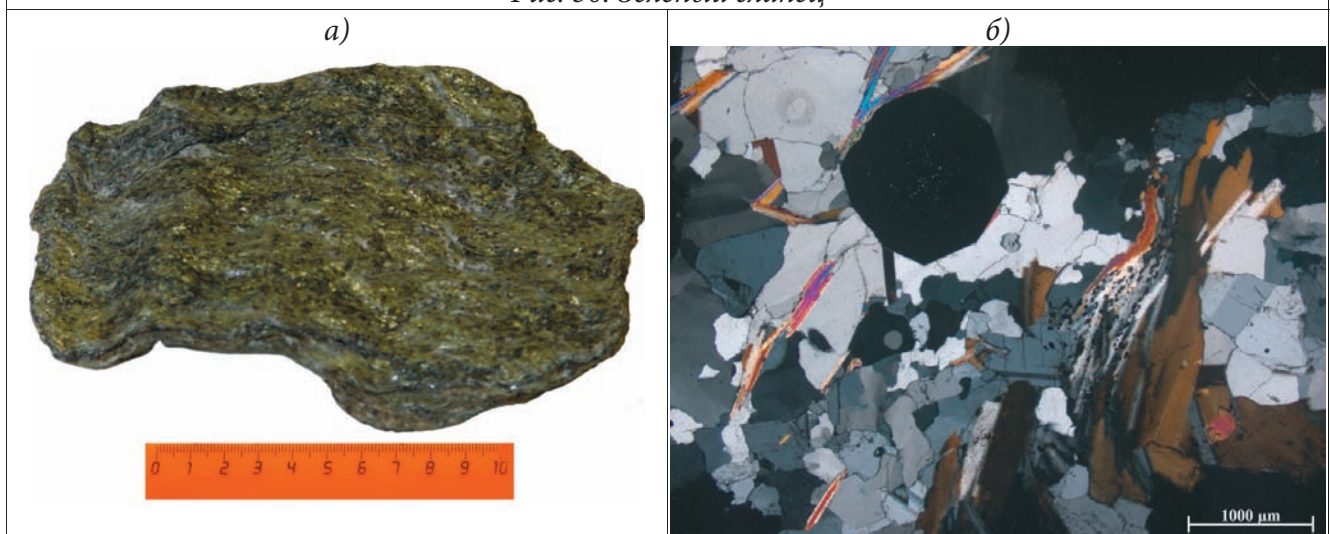


Рис. 31. Сланец двуслюдяной



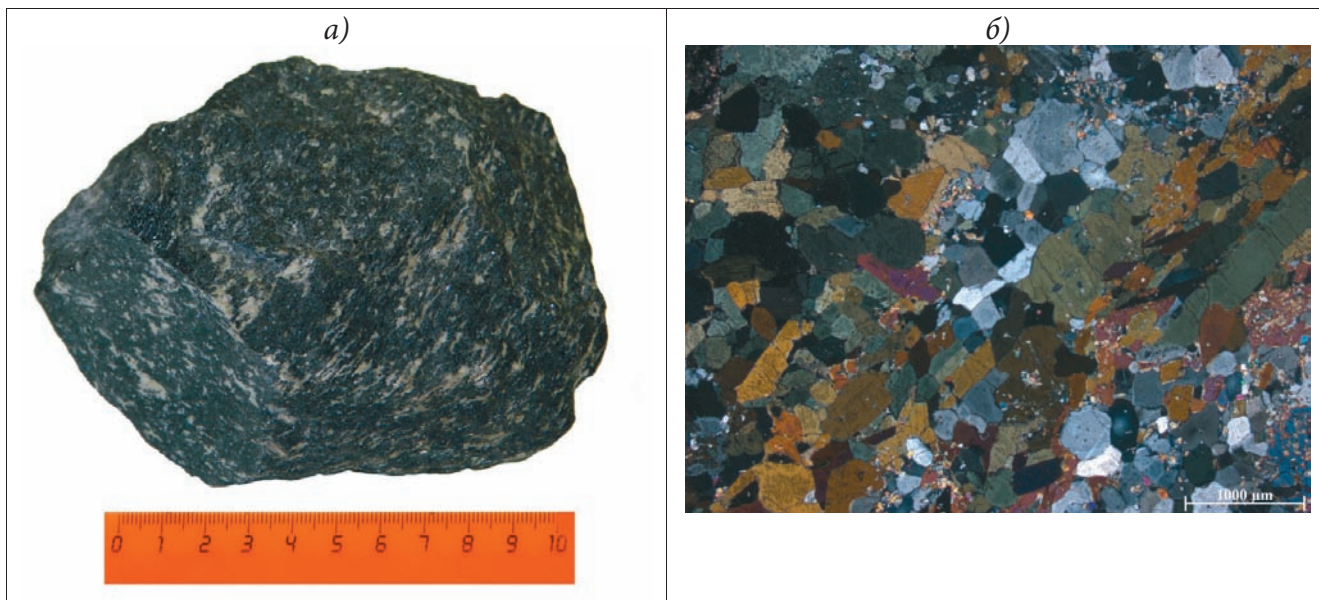


Рис. 32. Амфиболит



Рис. 33. Гнейс

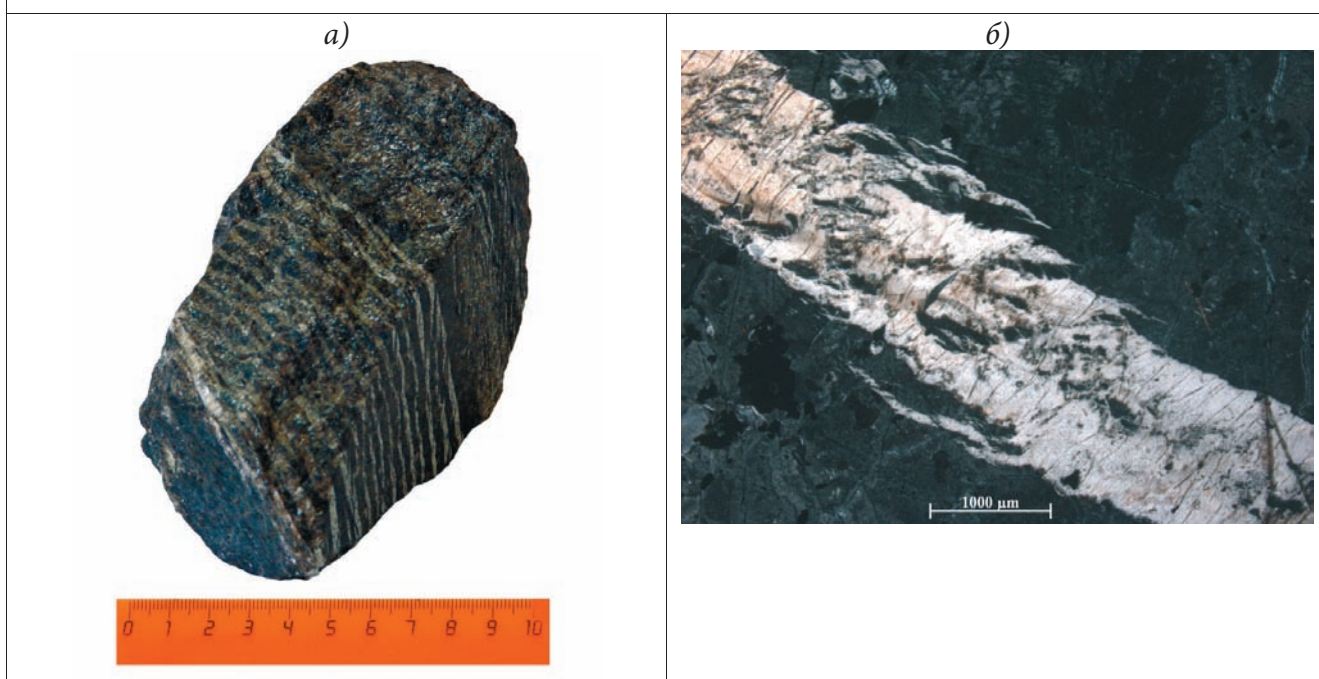


Рис. 34. Серпентинит с хризотил-асбестом



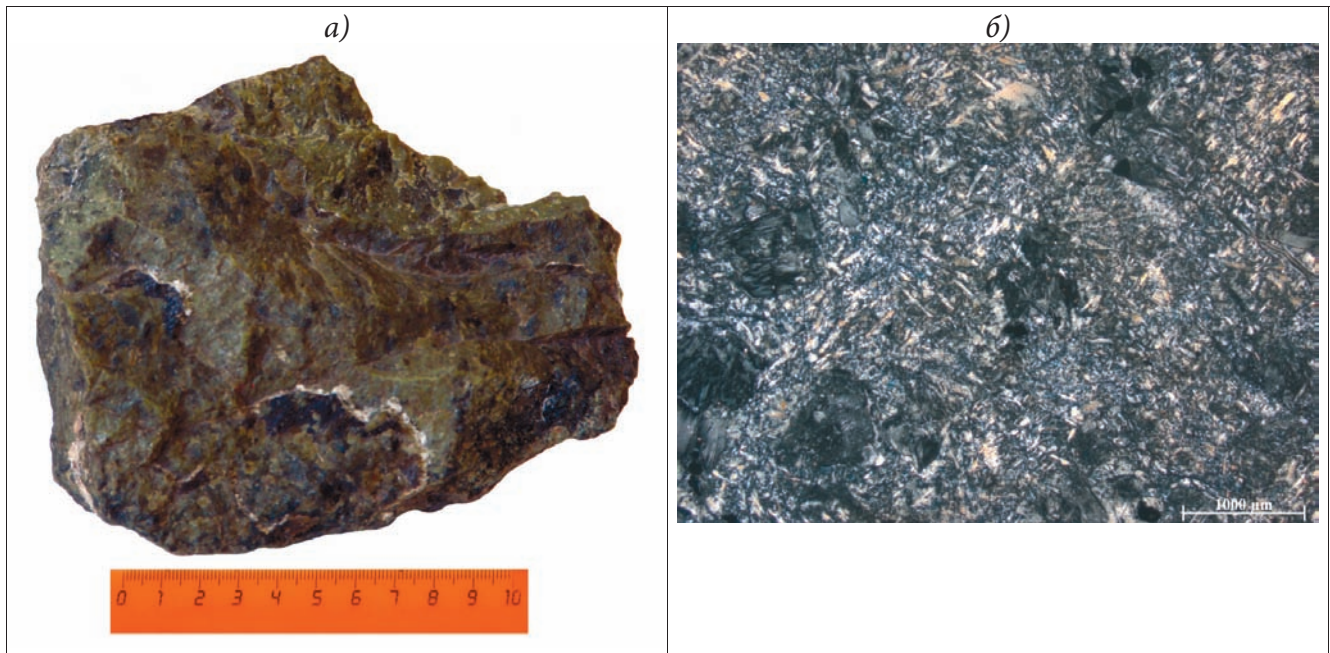


Рис. 35. Серпентинит

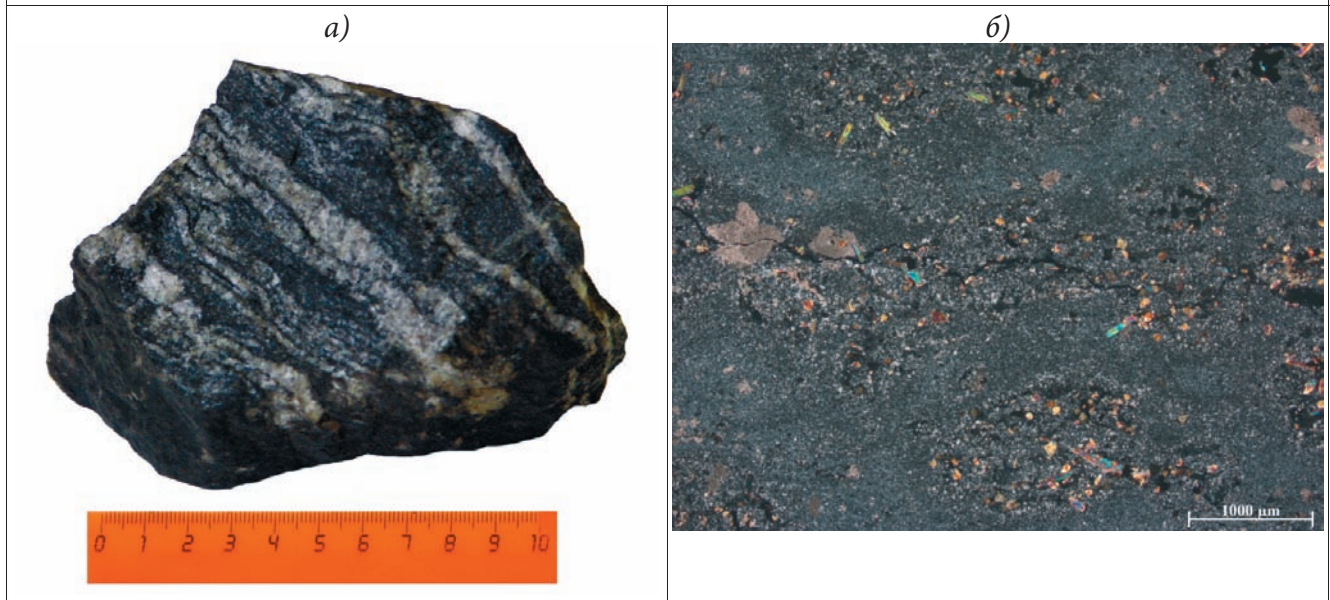


Рис. 36. Мигматит

*Учебное издание*

**Елена Егоровна Пугачева**

# **ОСНОВЫ МИНЕРАЛОГИИ И ПЕТРОГРАФИИ**

*Редактор: Г.В. Белозерова*

*Ответственный за выпуск: Л.В. Домбраускайте*

Печать: трафаретная

Бумага: офсетная

Усл. печ. л.: 6,74

Уч. изд. л.: 5,59

Сдано в печать: 14.02.2008

Формат: 60×84/16

Заказ: 450/у

Тираж: 200 экз.

Издательство Томского государственного педагогического университета

634041, г. Томск, пр. Комсомольский, 75

Отпечатано в типографии Издательства ТГПУ,

г. Томск, ул. Герцена, 49. Тел. (3822) 52-12-93

e-mail: [publish@tspu.edu.ru](mailto:publish@tspu.edu.ru)

