



В.Н. Луганский

ОСНОВЫ МИНЕРАЛОГИИ

Екатеринбург
2015

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра лесоводства

В.Н. Луганский

ОСНОВЫ МИНЕРАЛОГИИ

Учебно-методическое пособие
по проведению лабораторных занятий
для обучающихся очной и заочной форм обучения
по направлениям 35.03.10 «Ландшафтная архитектура»,
дисциплина «Почвоведение»;
35.03.01 «Лесное дело», дисциплина «Почвоведение»;
21.03.02 «Земельный кадастр», дисциплина «Почвоведение
и инженерная геология»; 05.03.06 «Экология и природопользование»,
дисциплина «Геология»; 20.03.02 «Водопользование природообустройство»,
дисциплина «Гидрогеология и основы геологии»

Екатеринбург
2015

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛП.
Протокол № 1 от 16 сентября 2014 г.

Рецензент – д-р с.-х. наук, профессор кафедры ботаники и защиты леса
А.П. Кожевников

Редактор Р.В. Сайгина
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упова

Подписано в печать 14.10.15		Пл. резерв
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 2,09	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ПОНЯТИЕ О МИНЕРАЛАХ

Минерал – это природное тело, обладающее определенным химическим составом, совокупностью ряда морфологических (внешних) признаков и физических свойств. Возникает в результате разнообразных физико-химических процессов, происходящих внутри земной коры и на ее поверхности.

Большинство природных минералов являются кристаллическими твердыми телами, некоторые находятся в аморфном состоянии. Очень небольшое число минералов встречается в природе в жидком состоянии (ртуть, вода) или газообразном (сероводород, углекислый газ). В виде самостоятельных обособлений минералы встречаются редко, обычно они образуют горные породы.

Минералы, из которых состоит основная масса горных пород, называются породообразующими. По происхождению они могут быть первичными и вторичными. Первичные минералы образовались из магмы. Главнейшими породообразующими являются вторичные минералы: группа глинистых минералов, лимонит, кальцит, магнезит, гипс и некоторые другие. Эти минералы образуют главную массу почвообразующих пород и твердой фазы почвы, обуславливая главнейшие физико-механические и химические свойства почв.

Каждый минерал имеет определенные морфологические (внешние) признаки и физические свойства, которые определяются условиями образования, химическим составом и кристаллическим строением. Совокупность этих признаков и свойств позволяет определить минерал любого класса.

В природе известно более 2500 минералов, а число их названий с разновидностями более 4000. Многие минералы имеют несколько названий (синонимов).

Широко распространено около 450 видов, остальные встречаются редко.

Названия минералам даются по характерным физическим свойствам, химическому составу или по месту, где они впервые были обнаружены. Многие минералы названы в честь ученых, открывших и описавших их.

Практическое значение минералов очень велико: используются во всех отраслях народного хозяйства, как строительный материал, входят в состав твердой фазы почв.

Изучение свойств минералов, пути их преобразования в почвах, умение диагностировать минералы - важное звено в изучении дисциплины «Почвоведение».

Наука, изучающая минералы, называется минералогией.

ГЕНЕЗИС МИНЕРАЛОВ

Под этим термином понимается происхождение, возникновение минералов. Процессы минералообразования разделены на три группы: **эндогенный, экзогенный и метаморфический.**

1. Эндогенный генезис – формирование минералов обусловлено внутренними силами Земли. Образование минералов связано с магмой.

1.1. Магматический процесс. По мере понижения температуры магмы (жидкой силикатной высокотемпературной массы) происходит дифференциация расплава, кристаллизация и затверждение вещества.

Так образуются кварц, полевые шпаты, оливин, пирит и др.

1.2. Пегматитовый процесс. Образование минералов идет за счет кристаллизации остаточных расплавов магмы, проникающих в трещины. Часть компонентов магма утратила. Таким путем образуются кварц, полевые шпаты, топаз, берилл, турмалин и др.

1.3. Гидротермальный процесс. При остывании магмы происходит конденсация паров, и образуется горячая вода, насыщенная различными компонентами. Из этих растворов в условиях более низких температур и давления выпадают минералы – барит, флюорит, кальцит и др.

1.4. Пневматолитовый процесс. Процесс, в котором активную роль играют газообразные компоненты (HF, H₂S, Cl, P и др.) Эти летучие вещества в условиях низкого давления сжижаются, взаимодействуют друг с другом и минералами вмещающих пород и переходят в твердое состояние. Пневматолитовые жилы представлены самородной серой, гематитом, касситеритом и др.

Минералы, образовавшиеся эндогенным путем, называются **первичными**. В почве преобладают в более крупных частицах (размером >0,001 мм), входят в состав горных пород.

2. Экзогенный генезис – минералы образуются вблизи земной поверхности или на самой поверхности. Происходят сложные преобразования первичных минералов под влиянием кислорода, углекислоты, воды, температурных колебаний, животных и растительных организмов. Минералы претерпевают глубокие химические и физико-химические преобразования, распадаются на составные части и из них образуются новые минералы.

2.1. Образование минералов при выветривании. Под влиянием вышеперечисленных факторов происходит разрушение ранее образованных минералов на составные части, и в новых условиях возникают более устойчивые минералы. Так образуются гидрослюды, каолинит, боксит и др.

2.2. Выпадение из воды морей, озер и мелководных лагун. В периоды интенсивного испарения воды или изменения ее температуры, когда она становится перенасыщенной солями, происходит выпадение минеральных солей. Образуются такие минералы, как гипс, галит, сильвин и др.

2.3. Биогенное образование. Минералы возникают в результате жизнедеятельности животных и растительных организмов, чаще населяющих мелководные участки морей и океанов. Так морские водоросли и простейшие поглощают CaCO_3 , при отмирании образуются минералы кальцит и арагонит. Диатомовые водоросли, радиолярии, морские губки используют для построения своих скелетов кремнезем. Это ведет к образованию опала. Этим путем образуются жемчуг, озокерит, янтарь и др.

3. Метаморфический генезис – минералы эндогенного и экзогенного генезиса попадают под воздействие повышенных давлений и температур (не достигающих плавления), подвергаются воздействию воды и газов. Такие преобразования происходят в более глубоких частях земной коры или при внедрении в их толщу расплавленной магмы. Ранее образованные минералы обезвоживаются, перекристаллизуются, часто формируются чешуйчатость, листоватость, пластинчатость, большая плотность (талек, хлорит, биотит и др.).

Минералы, образовавшиеся экзогенным и метаморфическим способом, называются **вторичными**. Встречаются в почве в более мелких частицах (размером *менее 0,001 мм*).

Безусловно, от того, какие минералы, в каком количестве и соотношении составляют почву, будут зависеть ее свойства: минералогический, механический состав почвы, качественный и количественный характер засоления почв, реакция почвы, содержание некоторых питательных веществ и т.д. В табл. 1 минералы оцениваются как источники питания.

Таблица 1

Минералы как источники питания растений

Азот (N)	Фосфор (P)	Калий (K)	Сера (S)	Кальций (Ca)	Магний (Mg)
Чилийская селитра Индийская селитра	Апатит Фосфорит Вивианит	Сильвин Карналлит Ортоклаз Микроклин Мусковит Вермикулит	Пирит Халькопирит Сера Сфалерит Киноварь Молибденит Аурипигмент Гипс Ангидрит Барит	Флюорит Кальцит Доломит Апатит Фосфорит Гипс Ангидрит Анортит Лабрадор	Карналлит Магнезит Доломит Оливин Роговая обманка Серпентин Тальк Биотит Мусковит Вермикулит

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

Для удобства изучения минералов их принято классифицировать, т.е. объединять в группы по ряду признаков по их значению в хозяйстве, происхождению, по форме кристаллов и т.д.

Наиболее распространенной и удобной формой является химическая классификация, которая строится на основе химического состава минералов. Согласно этой классификации минералы разделены на следующие классы:

1. Самородные элементы.
2. Сульфиды.
3. Галоиды.
4. Окислы.
5. Соли кислородных кислот.
6. Органические соединения.

Каждый класс делится на подклассы и группы минералов. Ниже приводится химический состав наиболее распространенных минералов, которые нужно знать для предварительного макроскопического определения горных пород (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав минералов

№ п/п	Название	Формула
1	2	3
Самородные элементы		
1	Графит	C
2	Сера	S
Сульфиды		
3	Молибденит (молибденовый блеск)	MoS ₂
4	Галенит (свинцовый блеск)	PbS
5	Халькопирит (медный колчедан)	CuFeS ₂
6	Пирит (серный колчедан, железный колчедан)	FeS ₂
7.	Сфалерит (цинковая обманка)	ZnS
8	Киноварь	HgS
9	Ауропигмент	As ₂ S ₃
Галоиды		
10	Галит (каменная соль, поваренная соль)	NaCl
11	Сильвин	KCl
12	Флюорит (плавиковый шпат)	CaF ₂

1	2	3
	Оксиды	
13	Кварц	SiO ₂
14	Горный хрусталь	SiO ₂
15	Аметист	SiO ₂
16	Халцедон	SiO ₂
17	Опал	SiO ₂ ·nH ₂ O
18	Корунд	Al ₂ O ₃
19	Боксит	Al ₂ O ₃ ·nH ₂ O
20	Хромит (хромистый железняк)	FeCr ₂ O ₄
21	Гематит (красный железняк)	Fe ₂ O ₃
22	Железная слюдка	Fe ₂ O ₃
23	Лимонит (бурый железняк)	Fe ₂ O ₃ ·nH ₂ O
	<u>Соли кислородосодержащих кислот</u>	
	Подкласс карбонаты	
24	Кальцит (известковый шпат)	CaCO ₃
25	Доломит	CaMg(CO ₃) ₂
26	Магнезит (магнезитовый шпат)	MgCO ₃
27	Малахит	Cu ₂ (CO ₃)(OH) ₂
28	Азурит (медная лазурь)	Cu ₂ (CO ₃)(OH) ₂
	Подкласс сульфаты	
29	Ангидрит	CaSO ₄
30	Гипс	CaSO ₄ ·nH ₂ O
31	Барит (тяжелый шпат)	BaSO ₄
	Подкласс фосфаты	
32	Апатит	Ca ₅ (PO ₄) ₃ ·(F,Cl,OH)
33	Фосфорит	Ca ₅ (PO ₄) ₃ ·(F,Cl,OH) ₂
	Подкласс вольфраматы	
34	Вольфрамит	(Fe,Mn)WO ₄
	Подкласс силикаты	
35	Ортоклаз	K ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂
36	Микроклин	K ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂
37	Амазонит	K ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂
38	Лабрадор (плаггиоклаз)	Ab ₅₀ An ₉₀ Ab ₃₀ An ₃₀ (т.е. альбит Na ₂ O·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₃ + анортит CaO·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₃)
39	Оливин	(MgFe) ₃ ·(SiO ₂)
40	Диопсид	CaMg(Si ₂ O ₆)
41	Родонит (орлец)	Mn ₅ (Si ₅ O ₁₅)
42	Роговая обманка	(Ca,Na)·(Mg,Fe) ₄ (Fe,Al)(Si,Al) ₄ O ₁₁ J ₂ (OH) ₂ состав непостоянный

1	2	3
43	Мусковит	$KAl_2[AlSi_3O_{10}]\cdot[OH]_2$
44	Биотит	$K(Mg,Fe)_3\cdot[AlSi_2O_{10}]\cdot[OH,F]_2$
45	Хлорит	$5(Mg,Fe)O\cdot Al_2O_3\cdot 3SiO_2\cdot 4H_2O$
46	Тальк	$3MgO\cdot 4SiO_2\cdot H_2O$
47	Серпентин	$3MgO\cdot 2SiO_2\cdot 2H_2O$
48	Каолин (каолинит)	$2H_2O\cdot Al_2O_3\cdot 2SiO_2\cdot$
49	Гранат	$Fe_3\cdot Al_2(SiO_4)_3$

КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МИНЕРАЛОВ

подавляющее большинство твердых минералов находится в *кристаллическом* состоянии и незначительная часть в *аморфном* состоянии. Различие между кристаллическим и аморфным состояниями заключается в том, что в первом случае атомы, молекулы и ионы располагаются в строго определенном для данного вещества порядке, образуя кристаллическую решетку. Во втором случае закономерность в распределении частиц отсутствует. Каждому минералу свойственна своя кристаллическая решетка, которая зависит от химического состава, строения вещества и условий его образования. Кристаллическая решетка может быть представлена в виде плотно пригнанных друг к другу кубов, пирамид, призм и др. (рис. 1). Размеры кристаллов могут быть от миллиметров до нескольких метров. Хорошо ограненные кристаллы встречаются редко, они формируются в пустотах, полых трещинах. Плоскости, ограничивающие кристалл, называются *гранями*. Линии пересечения плоскостей – *ребрами*, точки пересечения ребер – *вершинами* (рис. 2), углы между гранями – *гранные углы*.

В кристаллах обнаруживается симметрия – правильная повторяемость элементов огранения при вращении в определенном направлении. Различают следующие элементы симметрии – *ось симметрии*, *плоскость симметрии* и *центр симметрии*.

Ось симметрии – воображаемая линия внутри кристалла, при вращении вокруг которой на 360° кристалл несколько раз повторяет свое первоначальное положение в пространстве. Существует несколько осей симметрии, обозначают их L_2 , L_3 , L_4 , L_6 (рис. 3).

Плоскость симметрии – воображаемая плоскость, которая разрезает кристалл на две одинаковые части, характеризующиеся одинаковыми углами и гранями. Эти части являются зеркальным отражением друг друга. Обозначаются символом P . В разных кристаллах количество их неодинаково. В кубе можно провести 9 плоскостей симметрии - $9P$ (рис. 4).

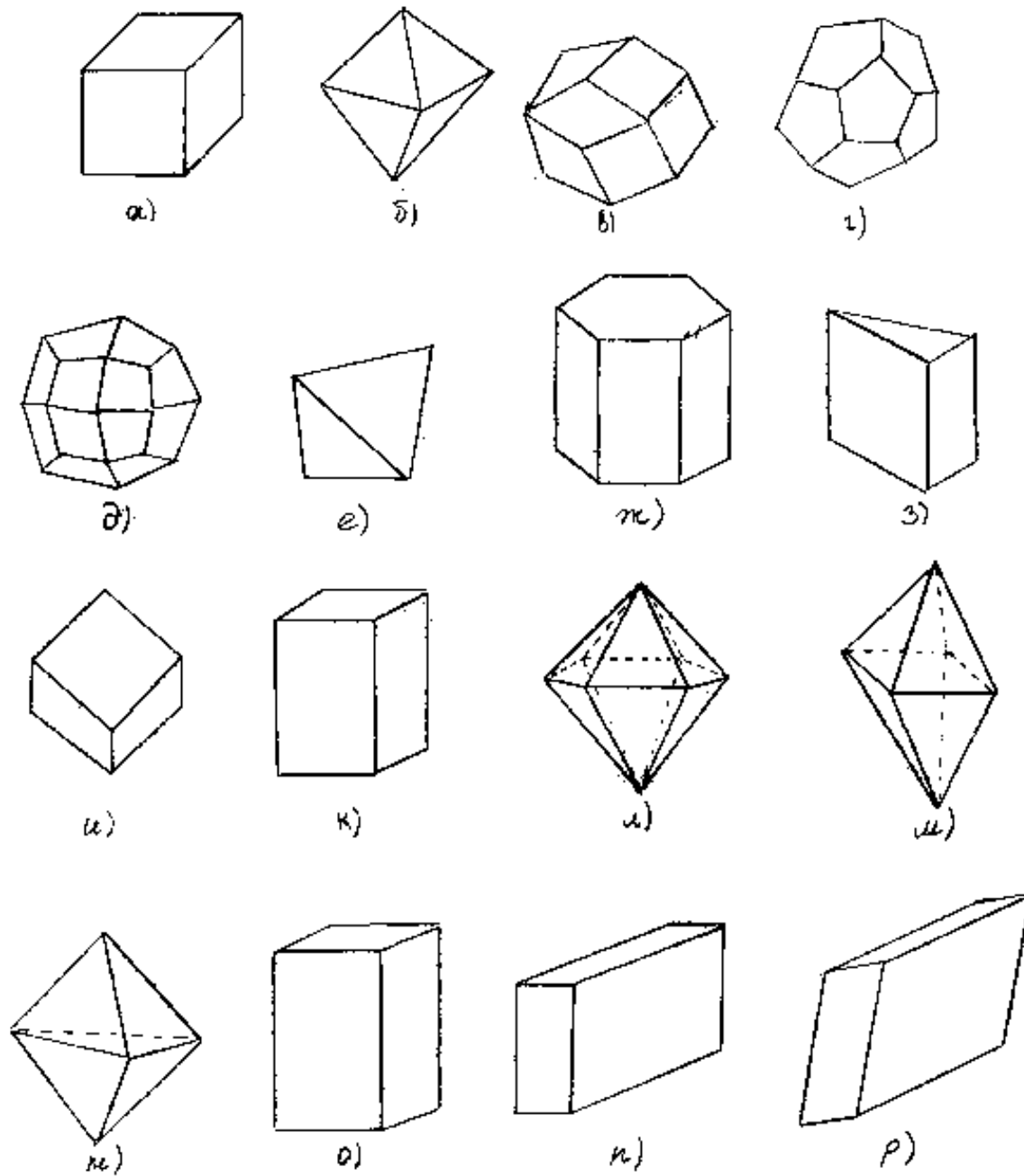


Рис. 1. Основные формы кристалла:

А - е - кубическая (высшая) сингония;
ж - м - средние сингонии гексагональная - *ж* и *л*,
 тригональная - *з* и *и*, тетрагональная - *к* и *м*);
н - р - низшие сингонии (ромбическая *н*,
 моноклинная - *о* и *п*, триклинная - *р*)

Элементы симметрии

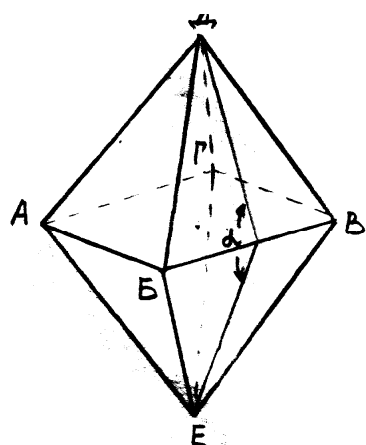


Рис. 2. АБД - грань кристалла, АБ - ребро кристалла, α - двугранный угол, А,Б,В,Д,Е - вершины

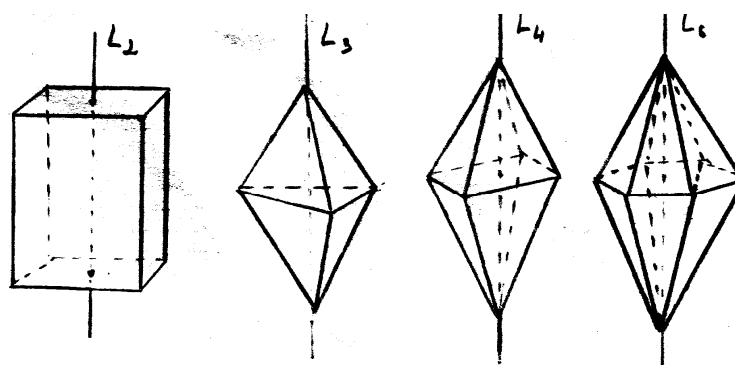


Рис. 3. Оси симметрии

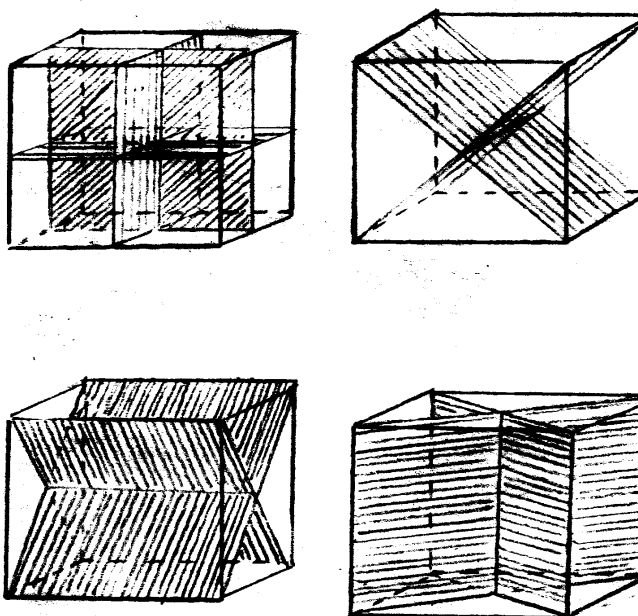


Рис. 4. Плоскости симметрии куба

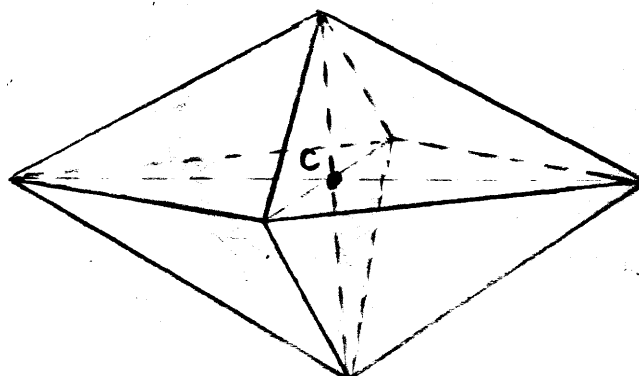


Рис. 5. Центрсимметрии - С

Центр симметрии – воображаемая точка внутри кристалла, в которой пересекаются и делятся пополам все диагонали. Обозначается символом С, не может быть более одного центра (рис. 5), у некоторых многогранников (например, трехгранная пирамида) центр отсутствует.

Установлено, что у кристаллов существует 32 вида различных комбинаций элементов симметрии. Эти 32 вида группируются по степени сложности в группы, называемые *системами симметрии* или *сингониями*.

В настоящее время выделяют 7 сингоний:

1. Триклинная		Низшая сингония, наблюдается только центр симметрии
2. Моноклинная		
3. Ромбическая		
4. Тригональная		Средняя сингония
5. Гексагональная		
6. Тетрагональная (квадратная)		Высшая сингония, наблюдается наибольшее количество элементов симметрии
7. Кубическая		

Каждая сингония характеризуется определенным количеством осей и плоскостей симметрии, наличием или отсутствием центра симметрии.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Морфологическими признаками являются: *внешний вид (облик) минерала и форма нахождения в природе*.

К физическим свойствам относятся: *цвет минерала и цвет черты, прозрачность, блеск, двойное лучепреломление, твердость, спайность, излом, удельный вес*, а для отдельных минералов – *магнитность, вкус, вскипание от кислоты и др.*

Следует помнить, что некоторые признаки и свойства являются постоянными для минерала, другие могут меняться. Например, твердость – это постоянный признак для многих минералов, тогда как окраска, блеск и другие – могут меняться. Поэтому нельзя ограничиваться определением одного признака или свойства минерала, надо изучить в каждом случае всю совокупность морфологических признаков и физических свойств. Для изучения морфологических признаков и физических свойств необходимо иметь фарфоровую неглазурованную пластинку, шкалу твердости, раствор соляной кислоты, магнитную стрелку.

Внешний вид (облик) минерала. Различают несколько типов минералов по внешнему облику.

Зернистые минералы. Их масса состоит из мелких (приблизительно одного размера) кристаллов, одинаково развитых по трем направлениям. Примеры: кальцит, пирит.

Игольчатые, призматические или **шестоватые** минералы, кристаллы которых резко вытянуты в одном направлении. Такой облик характерен для роговой обманки, одной из разновидностей гипса и др. Разновидностью этого типа являются **волокнистые** минералы, кристаллы которых вытянуты по одной оси настолько, что напоминают растительные волокна (асбест).

Пластинчатые, листоватые или **чешуйчатые** минералы. Масса этих минералов состоит из кристаллов, укороченных по одной оси, как бы сплюснутых в одном направлении – мусковит, тальк, хлорит и др. Все минералы вышеуказанных трех типов имеют хорошо выраженное строение, легко распознаваемое простым глазом.

Плотные или **скрытокристаллические** минералы состоят из очень мелких кристаллов, видимых только под микроскопом. Внешне они представляют собой однородную массу с гладкой на ощупь поверхностью – лимонит, халцедон и др.

Оолитовые минералы представляют собой тела, которые состоят из плотно упакованных шариков. В разрезе шарики имеют скорлуповато-концентрическое строение, могут находиться в рыхлом состоянии – арагонит, опал, боксит.

Внешний вид минерала не является его основным признаком, одни и те же минералы в зависимости от условий их образования могут иметь различный облик. Так, например, гипс может быть шестоватым и зернистым, апатит бывает зернистым и скрытокристаллическим и т.д.

Формы нахождения минералов в природе. Минералы встречаются в природе в различных формах.

Единичные кристаллы (куб, призма и т.д.) могут иметь различный размер – от одного-двух миллиметров до двух метров. В такой форме встречаются алмаз, кварц, пирит и др.

Двойники и тройники представляют взаимное срастание хорошо оформленных двух-трех кристаллов минерала. Очень часто двойники и тройники образуют гипс, галит, ортоклаз, горный хрусталь.

Сростки множества кристаллов, хорошо различимых простым глазом, дают несколько разновидностей внешних форм. Различают: 1) **щетки** – большое количество хорошо выраженных кристаллов, более или менее одинаковых по высоте, выросших на плоскую поверхность – кварц, горный хрусталь, галит, ортоклаз; 2) **друзы** группа кристаллов, разных по высоте и ориентации, выросших на выпуклую или плоскую поверхность – кварц, горный хрусталь, кальцит, гипс, турмалин, магнетит; 3) **жеоды** – группа кристаллов, нарастающая на стенки пустот, постепенно заполняя их от периферии к центру – сера, кварц, гипс, аметист; 4) **конкреции** – сростки множества кристаллов шарообразной формы, которые при раскалывании обнаруживают радиально-лучистое строение – фосфорит, гипс.

Кристаллические массы – скопления кристаллических зерен разнообразной формы. Пример – магнезит, доломит, оливин, кварц, магнетит.

Скрытокристаллические массы характеризуются тем, что зерна кристаллов можно различить только в микроскоп. Пример – лимонит, халцедон.

Землистые – представляют порошковидную, рыхлую массу, легко растираются между пальцами, пример – каолин.

Натечные формы характерны для аморфных минералов и являются плотными массами, которые обычно выпадают из раствора – опал. Часто они имеют причудливые очертания: 1) *бугорчатые* (лимонит), 2) *почковидные* (малахит), 3) *сталактитовые и сталагмитовые* (сосулькообразные) – кальцит.

Вкрапление в породе представляет собой единичные кристаллы минерала, включенные в какую-либо горную породу. Например, вкрапления кианита, вкрапление пирита в глине, вкрапления серы в известняке и т.п.

Формы нахождения минералов в природе зависят от условий их образования, поэтому один и тот же минерал может существовать в разных формах. Например, пирит – в виде конкреций, единичных кристаллов, зернистых форм и вкраплений в породе. Кварц дает кристаллические плотные массы, единичные кристаллы, сростки кристаллов, образований в форме жил. Форма нахождения минералов показана на рис.6.

Цвет минерала в куске. Цвет минерала очень различен. Он зависит от химического состава и структуры кристаллов, от механических и химических примесей, которые могут сильно изменять окраску, не изменив других свойств. Этим объясняется и то, что один и тот же минерал может иметь различную окраску. Например, известен корунд белого, желтого, зеленого, синего, коричневого и красного цветов. Вместе с тем, два разных минерала могут иметь одинаковую окраску (розовый гипс и розовый галит). Есть бесцветные минералы: алмаз, кальцит, гипс. Некоторые минералы обладают способностью менять цвет в зависимости от условий освещенности. Это свойство называется ирризацией. Таким образом, цвет минерала в большинстве случаев не является постоянным признаком, но для некоторых минералов это весьма постоянное свойство. Так, малахит всегда имеет зеленый цвет, сера – соломенно-желтый, киноварь – ярко-красный или малиновый цвет и т.д. В этом случае диагностическим признаком минерала является цвет. По цвету минералы делятся на шесть групп: 1) белый, сероватый или бесцветный; 2) желтый, бурый, коричневый, розовый, красный; 3) зеленый; 4) голубой, синий, фиолетовый; 5) темно-серый, черный; 6) окраска пестрая, многоцветная.

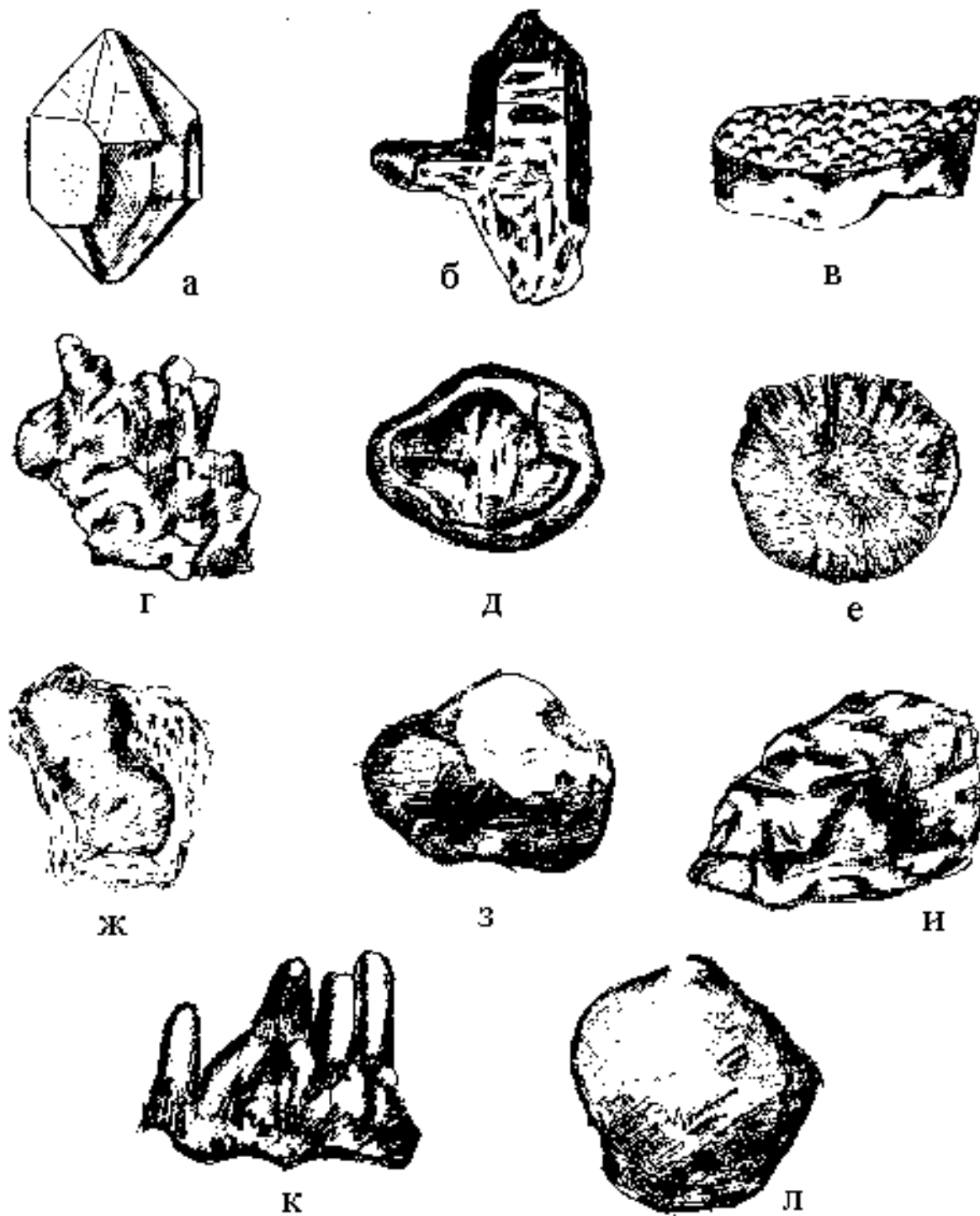


Рис. 6. Формы нахождения минералов в природе:
а – единственный кристалл (кварц); б – двойник (горный хрусталь);
в – шетка (кварц); г - друза (турмалин); д – жеод (аметист);
е – конкреция (пирит); ж – натек (опал); з – плотная масса (магнетит);
и – включения в породе; к – сталактит (кальцит);
л – землистая масса (каолин).

Цвет черты минерала (цвет порошка). Многие минералы в куске имеют один цвет, а в порошке другой. О последнем судят по черте минерала на поверхности фарфоровой пластинки. Например, пирит в куске имеет латунно-желтый цвет, а в порошке – черный с зеленоватым оттенком. У многих минералов независимо от внешней окраски сохраняется определенный цвет черты или порошка. Так, например, бурый железняк независимо от окраски в куске имеет всегда желтый или коричнево-бурый цвет черты. У некоторых минералов цвет в куске и в порошке совпадает (киноварь, боксит и др.). В ряде случаев цвет черты является очень характерным признаком для определения минерала, поэтому на него всегда необходимо обращать внимание.

Следует учитывать, что минералы, у которых твердость выше, чем у фарфоровой пластинки, черты не дают, они царапают пластинку.

По цвету черты все минералы делятся на пять групп: 1) черта белая или совсем отсутствует; 2) черта желтая, оранжевая, бурая или красная; 3) черта зеленая; 4) черта голубая, синяя или фиолетовая; 5) черта серая до черной.

Для получения цвета черты необходимо иметь шероховатую фарфоровую пластинку (называется бисквитом). На пластинке проводят черту минералом. Если под рукой нет фарфоровой пластинки, можно минерал поскоблить ножом, получить тонкий порошок, который надо размазать на белой бумаге. Цвет черты и цвет минерала могут совпадать и отличаться.

Прозрачность минерала связана со степенью поглощения (или пропускания) светового луча. По этому свойству различают минералы: 1) *прозрачные* – практически не поглощают световой луч, т.е. пропускающие свет подобно обычному стеклу (горный хрусталь, кальцит, галит); 2) *полупрозрачные* – частично поглощающие световой луч, они прозрачны в очень тонких пластинках (халцедон, опал); 3) *просвечивающие* – в значительной степени поглощающие световой луч, они прозрачны лишь в тонких краях (полевой шпат); 4) *непрозрачные* – поглощают полностью световой луч (магнетит, пирит и др.).

Для определения прозрачности минерал подносят к свету. Через прозрачные минералы можно легко различить напечатанный и написанный текст; через полупрозрачные минералы виден только свет, а текст различить нельзя; у просвечивающих минералов свет проникает только через тонкие края; минералы непрозрачные не пропускают свет совершенно.

Блеск минерала. Блеском называется способность поверхности минерала в различной степени отражать свет. Принято все минералы по блеску делить на две группы.

I. Минералы с *металлическим блеском*, поверхность которых в определенном свете напоминает блеск свежеработанной поверхности металла. Как правило, такой блеск наблюдается у минералов, являющихся рудами металлов (пирит, магнетит, красный железняк и др.). К этой группе

относятся минералы, обладающие металлоидным или полуметаллическим блеском, напоминающим блеск окисленной поверхности металла, он близок по своему характеру к предыдущему, но менее яркий, блеск потускневшей поверхности металла (графит, роговая обманка, авгит и др.).

II. Минералы с **нематаллическим блеском**. Здесь различают следующие виды блеска:

алмазный – чрезвычайно яркий, искрящийся, напоминающий «искру» алмаза; характерен для алмаза, цинковой обманки, свинцового блеска;

стеклянный – напоминает блеск поверхности стекла, наблюдается у большого числа минералов (галит, кальцит, горный хрусталь и др.);

шелковистый – подобен блеску шелковых нитей; характерен для минералов, состоящих из вытянутых в одном направлении кристаллов (асбест, отдельные разновидности гипса);

перламутровый – меняющий свою интенсивность на отдельных участках поверхности при изменении угла между источниками освещения и поверхностью минерала, образуя радужные переливы (слюда, тальк);

жирный – поверхность минерала кажется как бы смазанной тонкой пленкой жира или парафина. Встречается у кварца на изломе, у серы, нефелина и др.;

восковой – подобен жирному, но более слабый. Пример – халцедон;

матовый – поверхность минерала не блестит. Это характерно для боксита, каолина, магнезита и др.

Двойное лучепреломление. Это свойство является отличительным и специфическим для исландского шпата (кальцит). Его легко обнаружить, просматривая какой-либо текст через кристалл, сквозь кристалл видно удвоение надписи.

Твердость минерала. Под твердостью минерала понимают сопротивление минерала царапанию острием другого определенного стандартного минерала. Твердость для одного и того же минерала довольно постоянна и поэтому очень важный диагностический признак. Твердость в абсолютных единицах определяется редко, так как для этого нужны специальные приборы.

Для практических целей принято определять твердость минералов в условных единицах по шкале Мооса, которая состоит из десяти минералов, подобранных по возрастающей твердости. Каждому условно придается определенное число единиц твердости.

Надо помнить, что порядковый номер минерала шкалы Мооса не означает, во сколько раз один минерал тверже другого. Например, твердость алмаза – 1, кварца – 7, а талька – 1, но кварц тверже талька в 3500 раз, а алмаз тверже кварца в 1150 раз.

Для определения твердости на испытуемом минерале выбирают чистые участки, лучше свежие поверхности изломов, не измененные процессами выветривания. Затем царапают испытуемый минерал острием минерала шкалы Мооса. Обычно начинают царапать самым мягким минералом

и постепенно берут последующие минералы шкалы Мооса в порядке возрастания твердости. Если минерал шкалы Мооса мягче испытуемого минерала, то он оставляет не царапину, а черту. Черту надо обязательно стереть, прежде чем производить царапину следующим минералом. Добиваются такого момента, когда минерал шкалы Мооса дает ясную царапину на поверхности испытуемого минерала. Затем проверяют, дает ли испытуемый минерал царапину на этом минерале шкалы Мооса. Если они взаимно царапают друг друга, то твердость испытуемого минерала соответствует твердости минерала шкалы. Например, испытуемый минерал царапает кварц, и сам царапается кварцем. Следовательно, у испытуемого минерала твердость равна твердости кварца, т.е.7. Если испытуемый минерал царапается кварцем, а сам не дает царапину, следовательно, у него твердость ниже кварца. Она равна шести с половиной (табл. 3).

Таблица 3

Шкала твердости Мооса

Минерал	Условное число единиц
Тальк	1
Гипс	2
Кальцит	3
Флюорит (плавиковый шпат)	4
Апатит	5
Ортоклаз	6
Кварц	7
Топаз	8
Корунд	9
Алмаз	10

Если шкалы Мооса нет, можно определить твердость минерала приблизительно по следующим придержкам:

твердость графита	1
твердость ногтя	2,5
твердость бронзовой монеты	4
твердость стекла	5
твердость стального ножа	6

При определении единицы твердости следует определить группу твердости. По твердости минералы делятся на четыре группы:

- 1) мягкие (твердость 1-2) – ноготь оставляет царапину на минерале;
- 2) средней твердости (твердость 3-4) – ноготь не оставляет царапины на минерале; минерал не оставляет царапины на стекле;
- 3) твердые (твердость 5-7) – минерал оставляет царапину на стекле, но не оставляет царапин на горном хрустале;
- 4) очень твердые (выше 7) – минерал оставляет царапину на горном хрустале.

Спайность минерала. Под спайностью подразумевают способность минерала при ударе раскалываться на правильные отдельности, ограниченные ровными плоскостями (галит, кальцит), или же способностью разделяться на тонкие листочки, пластинки, волокна (слюда, асбест). Спайностью обладают кристаллические минералы, так как это свойство связано со строением кристаллической решетки и проявляется в направлениях наименьшей силы сцепления между отдельными атомами. Для многих минералов это важный диагностический признак.

Различают следующие виды спайности:

1) **весьма совершенная**, когда минералы очень легко (пальцами) расщепляются на отдельные пластинки, ограниченные гладкими блестящими поверхностями (плоскости спайности); типичным минералом с весьма совершенной спайностью является слюда;

2) **совершенная** спайность, когда при слабом ударе минерал раскалывается на куски, ограниченные плоскостями, поверхность которых на отдельных участках может быть неровной – кальцит, галит;

3) **средняя** спайность, когда минерал при раскалывании образует куски, ограниченные как плоскостями спайности, так и неровными поверхностями, причем соотношение между их количеством является случайным, незакономерным – авгит, роговая обманка;

4) **несовершенная** спайность, когда минерал при ударе раскалывается на куски случайной формы, ограниченные неровными поверхностями, а спайность на границе раскола обнаруживается лишь в виде небольших участков ровной поверхности – апатит, халькопирит, гематит.

Свойство спайности может появляться в одном (слюда), двух (полевой шпат), трех (кальцит) направлениях. Причем, нередко бывает так, что степень спайности в разных направлениях оказывается различной (полевые шпаты).

Для определения спайности сначала легким усилием пробуют расщепить минерал на пластинки. Если это удастся, то по линии раскола можно наблюдать блестящие, глянцеватые плоскости спайности, т.е. весьма совершенную спайность. Если не удастся расщепить минерал, производят слабый удар молотком. От слабого удара минерал может рассыпаться на пластинки с хорошо оформленными поверхностями раскола в виде геометрически правильных, блестящих плоскостей (совершенная спайность). Если от слабого удара минерал не рассыпается, ударяют сильнее. В этом случае при расколе могут образовываться как плоскости спайности, так и поверхности неправильного излома (средняя спайность). В обоих случаях следует отметить, в скольких направлениях выражена спайность. Если при расколе образуются поверхности более или менее правильного излома, то говорят о несовершенной спайности. Все результаты определения необходимо записать в тетрадь.

Излом различают у минералов, которые не обладают свойством спайности, и поэтому не дают плоских поверхностей при раскалывании. Нередко характер излома является постоянным признаком для минерала. Различают несколько видов излома:

Зернистый – на поверхности излома хорошо видны отдельные кристаллы, из которых состоит минерал. Этот вид излома характерен для зернистых форм минералов – оливин, магнетит, апатит и т.д.

Землистый – поверхность излома матовая, шероховатая, как покрытая пылью. Характерен для землистых форм минералов (каолинит, лимонит и др.).

Раковистый – при откалывании образуются выпуклые или вогнутые поверхности с концентрически расположенными на них волнами – горный хрусталь, халцедон.

Занозистый – излом напоминает поверхность неоструганной доски. Этот вид излома чаще всего встречается у волокнистых минералов и создается краями сломанных кристаллов – асбест.

Крючковатый – поверхность излома имеет мелкие крючки – кремень, самородная медь.

Неровный – характерен для агрегатов минералов, которые встречаются в природе в форме сплошных плотнокристаллических масс и, раскалываясь, образуют неровную поверхность – лимонит.

Удельный вес минералов колеблется от 0,8 до 21 г/см³. Большая часть нерудных минералов имеет удельный вес 2-4 г/см³; удельный вес рудных минералов выше 5,5 г/см³. Все минералы по удельному весу делятся на три группы: 1) минералы *легкой группы* с удельным весом до 2,5 г/см³ (сера, гипс, галит и др.); 2) минералы *средней группы* с удельным весом от 2,5 до 4,0 г/см³ (кальцит, доломит, кварц, полевые шпаты, слюда и др.); 3) минералы *тяжелой группы* с удельным весом более 4,0 г/см³ (гематит, магнетит, барит, серебряные и свинцовые руды, золото, платина, серебро, медь). Точное определение удельного веса производится в лабораторных условиях (табл. 4). Для практических целей, взвешивая минерал на руке, при некотором навыке можно приблизительно определить его удельный вес, относя к легкой, средней или тяжелой группе.

Магнитность – свойство минерала притягивать или отклонять магнитную стрелку. Магнитными свойствами обладают немногие минералы, содержащие железо, например, магнетит. Это свойство легко обнаруживается по магнитной стрелке компаса или специальной магнитной стрелкой.

Побежалость характерна для некоторых минералов. Проявляется она в наличии тонкой пестроокрашенной или радужной (синей, красноватой, фиолетовой) пленки на поверхности минерала. Цвет побежалости всегда отличается от цвета минерала. Особенно ясно побежалость наблюдается у железного блеска, халькопирита. Пестроокрашенная пленка хорошо выделяется на поверхности минерала, но цвет самого минерала при наличии побежалости необходимо определять на свежем изломе.

Вкус – некоторые растворимые в воде минералы вызывают различные вкусовые ощущения. Особенно важно это свойство для минералов класса галоидов и многих солей кислородсодержащих кислот. По вкусу минералы бывают соленые (галит), горькосолёные (сильвин), горькие (карналлит), вяжущие (медный купорос), жгучие (селитра), щелочные (сода). Испытание на вкус нужно производить очень осторожно и только после разрешения преподавателя, так как встречаются ядовитые минералы (содержащие мышьяк).

Вскипание от кислоты характерно для группы карбонатов. Наблюдается вскипание при действии разбавленного раствора кислот вследствие реакции разложения, сопровождающейся выделением углекислого газа.

Выделение углекислого газа сопровождается «шипением» или вскипанием. При этом некоторые углекислые минералы разлагаются холодной кислотой в куске (кальцит), другие нужно измельчить в порошок (доломит), третьи реагируют только с горячим раствором соляной кислоты (магнезит). Для определения вскипания необходимо из капельницы нанести несколько капель 5-процентного раствора соляной кислоты на свежую поверхность минерала. Иногда вскипание на глаз не проявляется, но его можно уловить на слух, поднеся минерал к уху.

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ (по В.Г. Музафарову)

Блеск металлический	Стр.
1. Мягкий (ноготь оставляет царапину на минерале).....	21
2. Средней твердости (ноготь не оставляет царапины на минерале; минерал не оставляет царапины на стекле)	
Черта серебристо-белая.....	22
Черта желтая, бурая, красная.....	22
Черта серая до черной.....	22
3. Твердый (оставляет царапину на стекле)	
Цвет желтый, бурый, красный.....	23
Цвет темно-серый, черный.....	23

Блеск неметаллический

1. Мягкий (ноготь оставляет царапину на минерале)	
Горит или легко плавится.....	24
Не горит.....	24
Черта белая или черты не дает	
Легко растворяется в воде.....	24
В воде не растворяется или растворяется плохо.....	25
Черта желтая, оранжевая, бурая, красная.....	26
Черта зеленая.....	26
Черта голубая, синяя.....	26
Черта серая, до черной.....	26

2. Средней твердости (ноготь не оставляет царапины на минерале; минерал не оставляет царапины на стекле)	
Горит или легко плавится.....	27
Не горит	
Черта белая или черты не дает	
Легко растворяется в воде.....	27
В воде не растворяется или растворяется плохо.....	27
Черта желтая, оранжевая, бурая, красная.....	29
Черта зеленая.....	29
Черта голубая, фиолетовая.....	30
Черта серая, до черной.....	30
3. Твердый (оставляет царапину на стекле, но не оставляет царапины на горном хрустале)	
Цвет белый, сероватый или минерал бесцветный.....	30
Цвет желтый, розовый, бурый, красный.....	31
Цвет зеленый.....	31
Цвет голубой, синий, фиолетовый.....	32
Цвет темно-серый, черный.....	32
Окраска минерала пестрая, многоцветная, зонарная.....	33
4. Очень твердый (оставляет царапину на горном хрустале)	
Цвет белый или минерал бесцветный.....	33
Цвет бурый, коричневый, розовый, красный.....	34
Цвет голубой, синий.....	34
Цвет черный.....	34
Окраска минерала многоцветная.....	34

БЛЕСК МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ

1. **МЯГКИЙ** (ноготь оставляет царапину на минерале).

ГРАФИТ. Цвет стально-серый, железно-черный. Растирается в черную пыль. Жирен на ощупь. Черта черная. Спайность совершенная.

2. **СРЕДНЕЙ ТВЕРДОСТИ** (ноготь не оставляет царапины на минерале, минерал не царапает стекло).

Черта серебристо-белая

СЕРЕБРО. Цвет серебряно-белый, часто с серым или черным налетом. Тяжелое. Спайность отсутствует. Встречается в рудных жилах.

ПЛАТИНА. Цвет серебряно-белый, стально-серый. Тяжелая. Спайность отсутствует. Встречается в виде мелкой вкрапленности в темноокрашенных магматических породах и в россыпях.

Черта желтая, бурая, красная

ЗОЛОТО. Цвет золотисто-желтый. Черта золотисто-желтая, металлически блестящая. Вкрапления в кварце, дендриты, волосовидные формы; также листочки, чешуйки, зерна и крупные самородки в россыпях; редко кристаллы.

ЛИМОНИТ (бурый железняк). Цвет бурый, черный. Черта ржаво-бурая. Сплошной плотный, натечный; также сталактиты, конкреции, жеоды. Спайность отсутствует.

МАГНЕТИТ. Цвет железно-черный, темный стально-серый. Черта красно-бурая. Призматические или игольчатые выросшие кристаллы, иштрихованные вдоль; также натечные плотные массы. Сингония ромбическая.

ИЛЬМЕНИТ (титанистый железняк). Цвет железно-черный, темно-бурый. Черта бурая. Спайность отсутствует, толстотаблитчатые выросшие и выросшие кристаллы, друзы, сплошные плотные массы, вкрапления. Сингония гексагональная. Обычно слабо магнитен, но иногда магнитные свойства отсутствуют.

Черта серая до черной

ГАЛЕНИТ (свинцовый блеск). Цвет свинцово-серый. Тяжелый. Спайность совершенная в трех направлениях по граням куба. Сплошные зернистые (таблитчатые) массы, вкрапления или кристаллы (кубы, октаэдры, пентагональные додекаэдры). Сингония кубическая. При ударе распадается на мелкие кубики и образует ступенчатые уступы. Спутник: сфалерит (бурого цвета).

ХАЛЬКОПИРИТ (медный колчедан). Цвет латунно-желтый, часто покрыт радужной или синей побежалостью. Зернистый. Спайность отсутствует.

ИЛЬМЕНИТ (титанистый железняк). Цвет железно-черный, темно-бурый. Спайность отсутствует. Толстотаблитчатые выросшие и выросшие кристаллы, друзы, сплошные плотные массы, вкрапления. Сингония гексагональная. Обычно слабо магнитен, но иногда магнитные свойства отсутствуют.

СФАЛЕРИТ (цинковая обманка). Цвет темно-серый до черного. Спайность совершенная в шести направлениях по граням ромбического додекаэдра. Сплошные зернистые (таблитчатые массы, вкрапления или кристаллы). Сингония кубическая. Спутник: галенит (свинцово-серого цвета).

3. ТВЕРДЫЙ (оставляет царапину на стекле)

Цвет желтый, бурый, красный

ПИРИТ (серный или железный колчедан). Цвет светлый, латунно-желтый. Черта черная со слабым зеленоватым оттенком. Сплошные зернистые и плотные массы, вкрапления или отдельные кристаллы. Сингония кубическая. Спайность отсутствует.

МАРКАЗИТ (лучистый колчедан). Цвет светлый, латунно-желтый. Черта черная с зеленоватым оттенком. Шаровидные конкреции, имеющие радиально-лучистое строение внутри или копьевидные и гребенчатые кристаллы; также ложные формы по ископаемым органическим остаткам.

ВОЛЬФРАМИТ. Черта бурая, почти черная. Тяжелый. Спайность совершенная в одном направлении. Крупные таблитчатые кристаллы или вытянутые призмы в кварце; также россыпи. Сингония моноклиновая.

ИЛЬМЕНИТ (титанистый железняк). Цвет темно-бурый. Черта бурая, черная. Спайность отсутствует. Толстотаблитчатые вросшие и выросшие кристаллы, друзы, плотные массы, вкрапления. Сингония гексагональная. Обычно слабо магнитен, но иногда магнитные свойства отсутствуют.

Цвет темно-серый, черный

ЛИМОНИТ (бурый железняк). Цвет черный. Черта ржаво-бурая. Сплошной плотный, натечный; также сталактиты, конкреции, жеоды.

ИЛЬМЕНИТ (титанистый железняк). Цвет железно-черный. Черта черная, бурая. Спайность отсутствует. Толстотаблитчатые вросшие и выросшие кристаллы, друзы, плотные массы, вкрапления. Сингония гексагональная. Обычно слабо магнитен, но иногда магнитные свойства отсутствуют.

ГЕМАТИТ (красный железняк). Цвет железно-черный. Черта вишнево-красная. Сплошные натечные, плотные массы. Спайность отсутствует.

ЖЕЛЕЗНЫЙ БЛЕСК (гематит). Цвет железно-черный. Черта вишнево-красная. Кристаллы.

ЖЕЛЕЗНАЯ СЛЮДКА (гематит). Цвет железно-черный, темный стально-серый. Черта вишнево-красная. Листоватая, чешуйчатая.

МАГНЕТИТ (магнитный железняк). Цвет железно-черный. Черта черная. Магнитный. Сплошные зернистые и плотные, рыхлые (магнитный песок) массы или отдельные вросшие и выросшие кристаллы в виде октаэдров и ромбических додекаэдров; также вкрапления и россыпи. Сингония кубическая. Спайность отсутствует.

ПСИЛОМЕЛАН. Цвет железно-черный, темный, стально-серый. Черта коричнево-черная. Натечный, почковидный, гроздевидный. Встречается среди осадочных пород.

ХРОМИТ (хромистый железняк). Цвет железно-черный. Черта бурая. Сплошные зернистые до плотной массы вкрапления. Обычно встречается в темноокрашенных магматических породах или в серпентинитах (змеевиках). Спайность отсутствует.

ВОЛЬФРАМИТ. Цвет буровато-черный, черный. Порошок черный, тяжелый. Спайность совершенная, кристаллы вытянутые.

БЛЕСК НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ

1. **МЯГКИЙ** (ноготь оставляет царапину на минерале)

Горит или легко плавится

СЕРА. Цвет светло-желтый, зеленоватый, бурый, серый, черный. Загорается от спички и горит голубым пламенем, выделяя резкий удушливый запах. Спайность отсутствует.

ЯНТАРЬ (сукцинит). Цвет медово-желтый, восково-желтый, бурый, красно-бурый, черный, белый. Загорается от спички и горит, выделяя приятный гвоздичный запах. Спайность отсутствует.

ОЗОКЕРИТ (горный воск). Цвет зеленоватый, бурый, черно-бурый. Напоминает воск или мазь. Жирен на ощупь. От спички легко плавится. Спайность отсутствует.

АСФАЛЬТ (горная смола). Цвет буровато-черный. Смолоподобная масса. Липкий. От пламени свечи легко плавится и горит светящимся коптящим пламенем. Имеет запах нефти. Спайность отсутствует.

ТОРФ. Матовый. Цвет бурый, желтый. Состоит из измененных растительных остатков. В сухом состоянии загорается от спички

БУРЫЙ УГОЛЬ. Матовый. Цвет бурый, черный. Черта черная. Сплошной плотный или землистый. Горит. Спайность отсутствует.

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ (сапропелевый). Цвет темно-коричневый. Черта темно-бурая. Горит. Спайность отсутствует.

АНТРАЦИТ. Цвет черный. Черта черная. Блестящий. Хрупкий. Горит. Спайность отсутствует.

Не горит

Черта белая или черты не дает

Легко растворяется в воде

СИЛЬВИН. Цвет молочно-белый. Вкус горьковато-соленый. У кристаллического сильвина наблюдается совершенная спайность в трех направлениях по граням куба.

КАРНАЛИТ. Цвет красный, желтоватый, реже белый или минерал бесцветный. Вкус горький. Легко расплавляется на влажном воздухе. Спайность отсутствует.

В воде не растворяется или растворяется плохо

МУСКОВИТ (слюда). Бесцветный, белый. Листоватый, чешуйчатый (кончиком перочинного ножа легко отделяются пластинки). Листочки упруго-гибкие. Спайность весьма совершенная.

ХЛОРИТ. Цвет травяно-зеленый, темный травяно-зеленый. Листоватый, чешуйчатый. Спайность весьма совершенная.

ФУКСИТ (слюда). Цвет изумрудно-зеленый. Чешуйчатый. Спайность весьма совершенная.

ВЕРМИКУЛИТ. Цвет бронзово-желтый, золотисто-желтый, бурый, иногда наблюдается зеленоватый оттенок. Листоватый, напоминает слюду. При нагревании над пламенем вздувается и расщепляется. Спайность весьма совершенная.

ФЛОГОПИТ (слюда). Цвет бурый. Листоватый, чешуйчатый. Спайность весьма совершенная.

ЛЕПИДОЛИТ (слюда). Цвет бледно-фиолетовый, розовый. Листоватый, чешуйчатый. Спайность весьма совершенная.

БИОТИТ (слюда). Цвет черный. Листоватый, чешуйчатый. Спайность весьма совершенная.

ТАЛЬК. Жирен на ощупь. Цвет зеленовато-белый, светло-зеленый, зеленовато-серый, желтовато-серый, желтовато-белый, белый. Листоватый, чешуйчатый, плотный, зернистый. Листочки гибкие, но не упругие. Легко оставляет белую черту на бисквите. Спайность совершенная.

ПИРОФИЛИТ. Жирен на ощупь. Цвет зеленоватый, белый, желтоватый. Напоминает тальк. Звездчатый, лучистолитоватый. Спайность совершенная.

КАОЛИНИТ (каолин). Жирен на ощупь. Цвет белый, серовато-белый, желтоватый, розовый. С водой дает пластичную массу (отличие от боксита). Землистый, плотный. Если подышать на него, издается землистый запах. Спайность отсутствует.

БОКСИТ. Матовый. Цвет белый. Тощий на ощупь (отличие от каолинита). Не дает пластичной массы с водой. Оолитовый, глиноподобный, землистый; иногда слоистый. Спайность отсутствует.

МЕЛ. Цвет белый, сероватый, реже желтоватый, зеленоватый. Бурно вскипает при действии разбавленной соляной кислотой. Землистый. Спайность отсутствует.

ТРЕПЕЛ (диатомит, горная мука). Цвет серый, сероватый, желтоватый. Мелоподобный или напоминает муку. Спайность отсутствует.

ГИПС. Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый, розовый, красный, синий. Листоватый, зернистый, плотный, землистый; характерны двойники – «ласточкин хвост», иногда друзы (напоминает розу). Листочки не упругие. Легко оставляет белую черту на бисквите. Сингония моноклинная. Спайность совершенная.

СЕЛЕНИТ (гипс). Цвет желтовато-белый, белый, розовый, красный, синий. Параллельно-волокнистый. Спайность совершенная.

Черта желтая, оранжевая, бурая, красная

ЛИМОНИТ (бурый железняк). Матовый. Цвет охряно-желтый, ржаво-бурый. Черта охряно-желтая, ржаво-бурая. Порошковатый, землистый, оолитовый; кроме того несцементированные оолиты.

БОКСИТ. Матовый. Цвет кирпично-красный, красно-бурый, розоватый. Черта светлее цвета. Землистый, глиноподобный, оолитовый («икряной камень»). От лимонита отличается по цвету черты.

РЕАЛЬГАР. Цвет оранжево-красный, темно-красный. Черта кроваво-красная. Сплошной зернистый, плотный, землистый; также налеты или вкрапления. Спутник – антимонит (свинцово-серого цвета).

ГЕМАТИТ (красная охра). Цвет вишнево-красный. Черта вишнево-красная. Землистый, порошковатый.

Черта зеленая

МЕДНАЯ ЗЕЛЕНЬ (малахит). Цвет зеленый. Вскипает при действии разбавленной соляной кислотой. Спутник – азурит (синего цвета). Спайность отсутствует.

ГЛАУКОНИТ. Цвет темно-зеленый, синевато-зеленый, оливково-зеленый. Землистый. Встречается в песках, песчаниках, известняках, глинах.

Черта голубая, синяя

МЕДНАЯ СИНЬ (азурит, медная лазурь). Цвет синий. Вскипает с разбавленной соляной кислотой. Спайность отсутствует.

ВИВИАНИТ (синяя железная руда). Цвет голубой, синий, голубовато-зеленый, темно-зеленый, серо-синий, черно-синий. Блеск перламутровый, кристаллы, листоватый, шаровидный, почковидный. Спайность совершенная.

Черта серая до черной

ГРАФИТ. Жирен на ощупь. Цвет железно-черный, темный, стально-серый. Сплошной чешуйчатый, плотный. Спайность совершенная.

ПИРОЛЮЗИТ. Матовый. Цвет черный, темный, стально-серый. Оолитовый, радиально-лучистый, землистый. Встречается среди осадочных пород.

2. **СРЕДНЕЙ ТВЕРДОСТИ** (ноготь не оставляет царапины на минерале, минерал не оставляет царапины на стекле).

Горит или легко плавится

СЕРА. Цвет светло-желтый, зеленоватый, бурый, серый, черный. Загорается от спички и горит синим пламенем, выделяя резкий удушливый запах.

ЯНТАРЬ (сукцинит). Цвет медово-желтый, восково-желтый, бурый, красно-бурый, черный, белый. Загорается от спички и горит, выделяя приятный гвоздичный запах.

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ (сапропелевый). Цвет темно-коричневый. Черта темно-бурая. Горит.

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ (гумусовый). Цвет черный. Черта черная. Горит.

АНТРАЦИТ. Цвет черный. Черта черная. Блестящий. Хрупкий. Горит.

Не горит

Черта белая или черты не дает

Легко растворяется в воде

ГАЛИТ (каменная соль, поваренная соль). Бесцветный, белый, сероватый, синий, красный. Вкус соленый. У кристаллического галита наблюдается совершенная спайность в трех направлениях. По граням куба.

СИЛЬВИН. Цвет молочно-белый. Вкус горьковато-соленый. У кристаллического сильвина наблюдается совершенная спайность в трех направлениях по граням куба.

КАРНАЛИТ. Цвет красный, желтоватый, реже белый или карналлит бесцветный. Вкус горький. Спайность отсутствует. Легко расплывается во влажном воздухе.

В воде не растворяется или растворяется плохо

МУСКОВИТ (слюда). Бесцветный, белый. Листоватый, чешуйчатый (кончиком перочинного ножа легко отделяются пластинки). Листочки упруго-гибкие.

ХЛОРИТ. Цвет травяно-зеленый, темный травяно-зеленый. Листоватый, чешуйчатый.

ФУКСИТ (слюда). Цвет изумрудно-зеленый. Чешуйчатый.

ФЛОГОПИТ (слюда). Цвет бурый. Листоватый, чешуйчатый.

ЛЕПИДОЛИТ (слюда). Цвет бледно-фиолетовый, розовый. Листоватый, чешуйчатый.

БИОТИТ (слюда). Цвет черный. Листоватый, чешуйчатый.

КАЛЬЦИТ (известковый шпат). Бесцветный, белый реже желтый, зеленый, голубой, фиолетовый, темно-бурый, черный. Бурно вскипает при действии разбавленной соляной кислотой. Встречается в виде наростов

кристаллов, друз, сплошных зернистых, плотных, землистых масс; иногда полосчатый, радиально-лучистый. Сингония тригональная.

ИСЛАНДСКИЙ ШПАТ – прозрачный кальцит, раздваивающий рассматриваемое через него изображение.

МРАМОР. Цвет различный, сплошной зернистый. Бурно вскипает при действии разбавленной соляной кислотой.

ДОЛОМИТ. Цвет белый, желтый, серый, зеленоватый, черный. Сплошные зернистые мраморовидные или плотные массы; иногда седло-видноизогнутые агрегаты. Кристаллы имеют форму ромбоэдров. Сингония тригональная. Порошок вскипает при действии разбавленной соляной кислотой.

МАГНЕЗИТ. Мраморовидные массы, сложенные из зерен удлиненной формы, имеющих белый и сероватый цвет или фарфоровидные плотные образования белого, кремового, желтого, буроватого, серого цвета, редко вросшие кристаллы в виде ромбоэдров. Сингония тригональная. Порошок вскипает при действии нагретой соляной кислотой.

БАРИТ (тяжелый шпат). Цвет белый, сероватый, желтый, розоватый, красноватый, бурый, зеленоватый, синеватый, черный, реже бесцветный; иногда полосчатый. Спайность совершенная в трех направлениях по граням призмы. Тяжелый. Таблитчатые или призматические кристаллы, друзы, зернистые или плотные сплошные массы; также перистый. Сингония ромбическая.

АНГИДРИТ. Цвет голубоватый, синеватый, фиолетовый, красноватый, розоватый, белый. Спайность совершенная в трех направлениях. Сплошные зернистые мраморные массы. От барита отличается меньшим удельным весом. От мрамора отличается тем, что при действии разбавленной соляной кислотой не вскипает.

ФЛЮОРИТ (плавиковый шпат). Бесцветный, сероватый, розоватый, желтый, красный, зеленоватый, голубой, фиолетовый до черного; часто наблюдается изменение цвета в разных частях у одного и того же образца. Иногда полосчатый. Сплошные зернистые, плотные, землистые и шестоватого строения массы, кристаллы (кубы, октаэдры), друзы. Сингония кубическая.

СФАЛЕРИТ (цинковая обманка). Блеск алмазный. Цвет канифольно-желтый, красноватый, зеленоватый, редко бесцветный. Спайность совершенная в шести направлениях по граням ромбического додекаэдра. Сплошные зернистые (таблитчатые) массы и вкрапления. Спутник – галенит (свинцово-серого цвета).

СЕРПЕНТИН (змеевик). Цвет желтовато-зеленый, темно-зеленый до черного, иногда желтый, буровато-красный, почти белый; часто наблюдается изменение окраски в разных частях образца. Сплошные плотные массы, часто с прожилками асбеста; также сплошной массы параллельно-волокнистого строения (волокна не отделяются).

АКТИНОЛИТ (лучистый камень). Цвет светло-зеленый до темного. Сплошные игольчатого строения массы; игольчатые кристаллы расходятся лучами.

АПАТИТ. Цвет зеленый, голубовато-зеленый, синевато-зеленый, серый, бурый, голубой, фиолетовый, белый, иногда зеленый с серыми пятнами. Шестиугольные призматические или таблитчатые вросшие или выросшие кристаллы, друзы и сплошные зернистые массы. Сингония гексагональная. Очень хрупкий.

БОКСИТ. Матовый. Цвет белый. Оолитовый, глиноподобный, землистый; иногда слоистый. В отличие от глин не дает пластичной массы с водой.

АСБЕСТ ЗМЕЕВИКОВЫЙ (хризотил-асбест). Цвет зеленовато-желтый с золотистым оттенком, почти белый. Параллельно-волокнистый с легко отделяющимся волокном.

Черта желтая, оранжевая, бурая, красная

БОКСИТ. Матовый. Цвет кирпично-красный. Черта бледнее цвета. Оолитовый («икряной камень»), землистый, глиноподобный. От лимонита отличается по цвету черты.

ЛИМОНИТ (бурый железняк). Цвет бурый, черный, охряно-желтый. Черта охряно-желтая, ржаво-бурая. Натечные образования радиально-лучистого строения, сталактиты; также плотные или шлаковидные массы, кристаллы, друзы.

КИНОВАРЬ. Цвет ярко-красный, темно-красный. Черта кроваво-красная. Спутник – антимонит (свинцово-серого цвета).

ГЕМАТИТ (красная охра). Цвет вишнево-красный. Черта вишнево-красная. Мелкозернистый, плотный, оолитовый; также вкрапления.

Черта зеленая

МАЛАХИТ. Цвет ярко-зеленый, травяно-зеленый. Вскипает при действии разбавленной соляной кислотой. Спутник – азурит (синего цвета).

АКТИНОЛИТ (лучистый камень). Цвет светло-зеленый до темного. Сплошные массы игольчатого строения; игольчатые кристаллы расходятся лучами.

РОГОВАЯ ОБМАНКА. Цвет темно-зеленый до черного. Удлиненные, призматические, плоские кристаллы и сплошные массы игольчатого и призматического строения. Сингония моноклиная. Встречается преимущественно в светлоокрашенных магматических породах.

Черта голубая, фиолетовая

АЗУРИТ (медная лазурь). Цвет ярко-синий. Вскипает при действии разбавленной соляной кислотой.

ФЛЮОРИТ (плавиковый шпат). Цвет фиолетовый

Черта серая до черной

ПИРОЛЮЗИТ. Цвет черный, темный стально - серый. Пачкает руки. Оолитовый, радиально-лучистый. Встречается среди осадочных пород.

СФАЛЕРИТ (цинковая обманка). Блеск алмазный. Цвет темно-серый до черного. Напоминает вольфрамит. Спайность совершенная в шести направлениях по граням ромбического додекаэдра. Сплошные зернистые (таблитчатые) массы и вкрапления, кристаллы. Сингония кубическая. Спутник – галенит (свинцово-серого цвета).

РОГОВАЯ ОБМАНКА. Цвет темно-зеленый до черного. Удлиненные, призматические, плоские кристаллы и сплошные массы игольчатого и призматического сложения. Сингония моноклиновая. Встречается преимущественно в светлоокрашенных магматических породах.

ФОСФОРИТ. Цвет темно-серый, черный. Желваки, имеющие угловатую или округлую форму; шарообразный. Внутри у шарообразных разновидностей наблюдается радиально-лучистое строение. Кроме того, землистые массы. При трении одного куска о другой издается запах жженой кости. Встречается среди осадочных пород.

3. **ТВЕРДЫЙ** (оставляет царапину на стекле, но не оставляет царапины на горном хрустале)

Цвет белый, сероватый или минерал бесцветный

ОРТОКЛАЗ (полевой шпат). Цвет белый, сероватый. Спайность совершенная в двух направлениях. Угол между плоскостями спайности прямой (отличие от микроклина). Сплошной зернистый, плотный или вкрапления в породе.

МИКРОКЛИН (полевой шпат). Цвет белый, сероватый. Спайность совершенная в двух направлениях. Угол между плоскостями спайности отличается от прямого на 3,5-4,0°. Сплошной, зернистый, плотный.

КВАРЦ. Цвет сероватый, белый. Спайность отсутствует. Сплошной плотный, в виде вкраплений или рыхлый (кварцевый песок).

ХАЛЦЕДОН. Скрытокристаллическая плотная разновидность кварца. Цвет белый, сероватый. Плотный, натечный; иногда в пустотах наблюдаются мелкие кристаллы кварца. Спайность отсутствует. Излом плоско-раковистый. Часто в изломе дает острые режущие края.

ОПАЛ. Бесцветный, белый. Черты не дает. Студнеобразные натечные образования, ноздреватые накипи, желваки, сталактиты, агрегаты, напоминающие по внешнему виду строение дерева (окаменелое дерево). Спайность отсутствует.

ГОРНЫЙ ХРУСТАЛЬ (кварц). Бесцветный, прозрачный. Шестиугольные призматические кристаллы, заканчивающиеся пирамидами, друзы или сплошной плотный. Сингония гексагональная. Грани призмы часто покрыты поперечной штриховкой. Спайность отсутствует.

Цвет желтый, розовый, бурый, красный

ЛИМОНИТ (бурый железняк). Цвет бурый. Черта ржаво-бурая. Сплошной, плотный, натечный, шлаковидный; также сталактиты, конкреции, жеоды, оолиты, кристаллы или друзы.

КИНОВАРЬ. Цвет ярко-красный, темно-красный. Черта кровяно-красная. Спутник – антимонит (свинцово-серого цвета).

ГЕМАТИТ (красный железняк). Цвет вишнево-красный. Черта вишнево-красная. Сплошной зернистый, плотный. Спайность отсутствует.

ОРТОКЛАЗ (полевой шпат). Цвет желтый, розовый, красный. Черты не дает. Спайность совершенная в двух направлениях. Угол между плоскостями спайности прямой (отличие от микроклина). Сплошной зернистый, плотный или вкрапления в породе.

МИКРОКЛИН (полевой шпат). Цвет желтый, красный, коричневый. Черты не дает. Спайность совершенная в двух направлениях. Угол между плоскостями спайности отличается от прямого на $3,5-4,0^\circ$. Сплошной, зернистый, плотный.

КВАРЦ. Блеск стеклянный, в изломе жирный. Цвет розовый. Спайность отсутствует. Сплошной плотный.

ХАЛЦЕДОН. Скрытокристаллическая плотная разновидность кварца. Цвет желтый, светло-коричневый, темно-бурый, красный. Сплошной, плотный, натечный или желваки; иногда в пустотах мелкие кристаллы кварца. Спайность отсутствует. Излом плоскораковистый. Часто в изломе дает острые режущие края.

ОПАЛ. Цвет желтый, бурый, красный. Черты не дает. Студнеобразные натечные образования, ноздреватые накипи, желваки, сталактиты, агрегаты, напоминающие по внешнему виду строение дерева (окаменелое дерево).

ГРАНАТЫ. Характерны вросшие или выросшие отдельные кристаллы в виде ромбических додекаэдров, тетрагональных триоктаэдров; также встречается в виде вкраплений неправильной формы зерен в породе. Сингония кубическая. Черты не дает.

Цвет зеленый

АКТИНОЛИТ (лучистый камень). Цвет светло-зеленый до темно-зеленого. Дает черту. Сплошные игольчатого строения массы; игольчатые кристаллы расходятся лучами.

РОГОВАЯ ОБМАНКА. Цвет темно-зеленый. Сплошные массы игольчатого и призматического строения, удлиненные, призматические, плоские кристаллы. Сингония моноклинная. Встречается преимущественно в светлоокрашенных магматических породах.

АМАЗОНИТ (полевой шпат). Цвет светло-зеленый. Черты не дает. Спайность в двух направлениях. Сплошной, зернистый, плотный.

КВАРЦ. Блеск стеклянный, в изломе жирный. Цвет зеленоватый. Черты не дает. Спайность отсутствует. Сплошной плотный.

ОПАЛ. Цвет зеленый. Черты не дает. Студнеобразные натечные образования, ноздреватые накипи, желваки, сталактиты, агрегаты, напоминающие по внешнему виду строение дерева (окаменелое дерево).

ОЛИВИН. Цвет оливково-зеленый, желтовато-зеленый до темно-зеленого. Черты не дает. Сплошные зернистые массы или вкрапления в породе. Встречается в темноокрашенных магматических породах. Разрушаясь, переходит в серпентин.

Цвет голубой, синий, фиолетовый

ХАЛЦЕДОН. Скрытокристаллическая плотная разновидность кварца. Блеск восковой. Цвет голубой, синеватый. Черты не дает. Сплошной, плотный, натечный; иногда в пустотах мелкие кристаллы кварца. Излом плоскораковистый. Часто в изломе дает острые режущие края.

ОПАЛ. Цвет голубой. Черты не дает. Студнеобразные натечные образования, ноздреватые накипи, желваки, сталактиты, агрегаты, напоминающие по внешнему виду строение дерева (окаменелое дерево).

АМЕТИСТ (кварц). Цвет фиолетовый. Прозрачный. Спайность отсутствует. Шестиугольные призматические кристаллы, заканчивающиеся пирамидами, друзы; иногда сплошной, плотный. Сингония гексагональная.

Цвет темно-серый, черный

ЛИМОНИТ (бурый железняк). Цвет черный. Черта ржаво-бурая. Натечные образования. Сплошной, плотный, натечный; также сталактиты, конкреции, жеоды, оолиты.

ГЕМАТИТ (красная охра). Цвет черный. Черта вишнево-красная.

МАГНЕТИТ (магнитный железняк). Цвет черный. Черта черная. Магнитный. Вросшие и наростившие кристаллы в виде октаэдров и ромбических додекаэдров; сплошные зернистые, плотные и рыхлые (магнитный песок) массы, вкрапления; также россыпи. Сингония кубическая.

ХРОМИТ (хромистый железняк). Цвет железно-черный. Черта бурая. Сплошной зернистый, плотный или в виде вкраплений в породе, встречается в темноокрашенных магматических породах и в серпентинах (змеевиках).

ФОСФОРИТ. Цвет темно-серый, черный. Дает черту. Желваки, имеющие угловатую или округлую форму; шарообразный. Внутри у шарообразных разновидностей наблюдается радиально-лучистое строение. При трении одного куска о другой издается запах жженой кости. Встречается среди осадочных пород.

КРЕМЕНЬ (халцедон). Скрытокристаллическая плотная разновидность кварца. Матовый. Цвет черный. Черты не дает. Сплошной, плотный. Излом плоскораковистый. Края обломков острые.

РАУХТОПАЗ (кварц). Блеск стеклянный, в изломе желтоватый. Цвет дымчатый. Слабо прозрачный. Черты не дает. Шестиугольные призматические кристаллы, заканчивающиеся пирамидами, друзы; также сплошной, плотный или в виде вкраплений. Сингония гексагональная.

ТУРМАЛИН (шерл). Цвет черный. Черты не дает. Вросшие и выросшие кристаллы в виде призмы, имеющие в разрезе форму сферического треугольника. Сингония тригональная. На гранях кристалла продольная штриховка.

Окраска минерала пестрая, многоцветная, зонарная

БЛАГОРОДНЫЙ ОПАЛ. Цвет радужный. Черты не дает. Сплошной, плотный. Излом неровный.

РОДОНИТ (орлец). Цвет розово-красный, мясо-красный с черными пятнами (окислы марганца). Сплошной плотный, мелкозернистый.

ЯШМА (халцедон). Скрытокристаллическая плотная разновидность кварца. Окраска многоцветная (серовато-голубая, желтая, красная, бурая, сургучно-красная, зеленая, почти черная). Сплошная, плотная, излом неровный. Часто наблюдаются прожилки.

АГАТ (халцедон). Скрытокристаллическая плотная разновидность кварца. Окраска различная. Строение полосчатое.

ТУРМАЛИН. Вросшие и выросшие кристаллы в виде призмы, имеющие в разрезе форму сферического треугольника. Сингония тригональная. На гранях кристалла продольная штриховка. Разные части кристалла различно окрашены.

4. ОЧЕНЬ ТВЕРДЫЙ (оставляет царапину на горном хрустале).

Цвет белый или минерал бесцветный

ТОПАЗ. Отдельные выросшие, реже вросшие кристаллы. Сингония ромбическая. Грани призмы покрыты продольной штриховкой. Спайность совершенная в одном направлении.

БЕРИЛЛ. Вросшие и выросшие шестиугольные призматические кристаллы с продольной штриховкой на гранях, друзы, зернистые массы. Сингония гексагональная. Просвечивает или прозрачный. Спайность отсутствует.

КОРУНД. Кристаллы веретенообразной и бочонковидной формы, вросшие в породу. Сингония тригональная. Спайность отсутствует.

АЛМАЗ. Оставляет царапину на корунде. Кристаллы. Сингония кубическая. Встречается в россыпях. Спайность совершенная в трех направлениях.

Цвет бурый, коричневый, розовый, красный

БЕРИЛЛ. Цвет винно-желтый, розовый. Вросшие и нарощие шестиугольные призматические кристаллы с продольной штриховкой на гранях. Сингония гексагональная.

ТОПАЗ. Цвет винно-желтый, розовый, красный. Прозрачный. Отдельные кристаллы. Сингония ромбическая. Грани призмы покрыты продольной штриховкой. Спайность совершенная в одном направлении.

КОРУНД. Цвет красный, розовый, желтовато-серый, желтый. Прозрачный. Кристаллы веретенообразной и бочонковидной формы, вросшие в породу; а также сплошной плотный мелкозернистый. Сингония тригональная.

Цвет голубой, синий

АКВАМАРИН (берилл). Цвет синевато-голубой. Прозрачный. Вросшие и нарощие шестиугольные призматические кристаллы с продольной штриховкой на гранях. Сингония гексагональная.

ТОПАЗ. Цвет голубоватый. Прозрачный. Отдельные кристаллы. Сингония ромбическая. Грани призмы покрыты продольной штриховкой. Спайность совершенная в одном направлении.

САПФИР (корунд). Цвет синий. Прозрачный. Кристаллы веретенообразной и бочонковидной формы, вросшие в породу. Сингония тригональная.

АЛМАЗ. Оставляет царапину на корунде. Цвет синеватый. Кристаллы. Сингония кубическая. Встречается в россыпях.

КОРУНД. Цвет голубовато-серый, голубой, синий, фиолетовый. Сплошной мелкозернистый, плотный.

Цвет черный

НАЖДАК (корунд). Сплошной мелкозернистый.

ТУРМАЛИН (шерл). Вросшие и нарощие кристаллы в виде призмы, имеющие в разрезе форму сферического треугольника. Сингония тригональная. На гранях кристалла продольная штриховка.

Окраска минерала многоцветная

КОРУНД. Кристаллы веретенообразной и бочонковидной формы. Сингония тригональная.

ТОПАЗ. Отдельные нарости, реже вросшие кристаллы. Сингония ромбическая. Грани призмы покрыты продольной штриховкой. Спайность совершенная в одном направлении.

Таблица 4

Удельный вес некоторых минералов

Минерал	Величина, г\см ³
1	2
I. Самородные элементы	
Графит	2,2
Сера	2,0
II. Сульфиды:	
Молибденит	4,7
Галенит	7,4
Халькопирит	4,1 – 4,3
Пирит	4,9 – 5,2
Сфалерит	3,9
Киноварь	8 – 8,2
Аурипигмент	3,4
III Галоиды:	
Галит	2,1 – 2,2
Сильвин	2,1
Флюорит	3 – 3,2
IV Окислы	
Кварц	2,6
Горный хрусталь	2,65
Аметист	2,65
Халцедон	2,6
Опал	1,9 – 2,3
Корунд	3,9 – 4,1
Боксит	2,5 – 3,5
Хромит	4,5 – 4,8
Гематит	4,9 – 5,3
Лимонит	2,7 – 4,3
V Соли кислородосодержащих кислот	
<u>Подкласс карбонаты</u>	
Кальцит	2,7
Доломит	2,8 – 2,9
Магнезит	2,8 – 3,1
Малахит	4,0
Азурит	3,8
<u>Подкласс сульфаты</u>	
Ангидрит	2,8 – 3,0
Гипс	2,3
Барит	4,3 – 4,7

Окончание табл. 4

1	2
<u>Подкласс фосфаты</u>	
Апатит	3,1 – 3,2
Фосфорит	3,2
<u>Подкласс вольфрамиты</u>	
Вольфрамит	7,5
<u>Подкласс силикаты</u>	
Ортоклаз	2,5 – 2,58
Микроклин	2,5 – 2,58
Амазонит	2,5
Лабрадор	2,7
Оливин	3,3 – 3,4
Диопсид	3,27
Родонит	3,6
Роговая обманка	3,1 – 3,3
Мусковит	2,7 – 3,1
Биотит	3,0 – 3,1
Хлорит	2,6 - 2,8
Тальк	2,7 – 2,8
Серпентин	2,5 – 2,7
Каолин	2,5 -2,6
Гранат	3,4 -4,3

Библиографический список

Александров Л.Н., Найденова О.А., Юрлова О.В. Практикум по основам геологии. М.: Высшая школа, 1966.

Лебедева Н.Б. Краткое пособие для практических занятий по общей геологии. М., 1953.

Миловский А.В. Минералогия и петрография. М.: Недра, 1979.

Музафаров В.Г. Определитель минералов, горных пород и окаменелостей. М.: Недра, 1979.

Чарыгин М. Общая геология. М., 1959.