



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ  
И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Естественные науки»

## ГЕОГРАФИЯ

### Иллюстрированная минералогия

Учебно-методическое пособие  
для иностранных слушателей,  
обучающихся по дополнительным образовательным программам  
гуманитарной и экономической направленности

#### Авторы

Тюрина Т.А.  
Талпа Б.В.

ДГТУ-ЮФУ  
Ростов-на-Дону, 2016



## Оглавление

	стр.
Аннотация .....	3
1. Минералогия. Понятие о минерале .....	4
2. Значение минералов в промышленности.....	4
3. Земная кора и особенности её состава.....	6
4. Свойства минералов. общие сведения.....	8
5. Геологические процессы минералообразования.....	12
6. Методы минералогических исследований.....	13
7. Принципы классификации минералов.....	15
8. Описание основных классов минералов.....	16
Литература.....	35

## Аннотация

Минералогия - наука о минералах - природных химических соединениях. Минералогия является одной из древнейших геологических наук, которая изучает состав, свойства, структуры, и условия образования минералов.

В минералогии активно используются достижения физики, химии и других естественных наук. Так, минералогическое изучение метеоритов и образцов с других планет позволило узнать много нового об истории Солнечной Системы и процессах формирования планет.

Учебно-методическое пособие «Иллюстрированная минералогия» для иностранных студентов предвузовской подготовки, обучающихся по образовательной программе гуманитарной и экономической направленностей представляет собой совокупность отдельных занятий, разбитых на темы, посвященные определению и выяснению условий нахождения минералов в природе; диагностическим свойствам и причинам, обуславливающих эти свойства. Особое внимание обращено на сведения практического характера, а именно значению минералов в промышленности.

Учебно-методическое пособие можно использовать в качестве дополнения к практическому занятию по географии, раздел «Физическая география».

### Авторы:

Тюрина Т.А. - преподаватель кафедры  
«Естественные науки» ДГТУ

Талпа Б.В. - кандидат геолого-минералогических наук,  
доцент кафедры минералогии и петрографии ЮФУ

## 1. МИНЕРАЛОГИЯ И ПОНЯТИЕ О МИНЕРАЛЕ

Термин минерал происходит от старинного слова «минера», то есть кусок руды. Наука, что изучает земную кору, называется минералогия, в буквальном смысле означает учение о минералах, их происхождение.

Крупнейший учёный нашей страны акад. В.И. Вернадский рассматривал минералогия как «химию земной коры», а минералы - как продукты природных химических реакций.

Минералы представляют собой природные химические соединения, реже самородные элементы. Они возникают в результате разнообразных геологических процессов, совершающихся в земной коре, и встречаются преимущественно в твёрдом (галит), а иногда в жидком (самородная ртуть) и газообразном состояниях (углекислый газ, сероводород).

### Главнейшими задачами современной минералогии являются:

- изучение состава, физических и химических свойств природных соединений (минералов) с целью их использования,
- изучение закономерностей сочетания и последовательного образования минералов в природе для получения более реальных представлений об условиях их возникновения, для использования при поисках и разведках рудных месторождений.

Однако разнообразнейшие синтетические продукты, то есть искусственно полученные в лабораториях и в заводских условиях химические соединения, не могут называться минералами.

Условно называют минералами лишь те искусственные соединения, которые по своему составу и кристаллическому строению отвечают (соответствуют) природным соединениям.

Абсолютно химически и физически однородных минералов в природе не существует.

## 2. ЗНАЧЕНИЕ МИНЕРАЛОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Нет ни одной отрасли промышленности, где бы ни применялись те или иные полезные ископаемые: либо непосредственно в сыром виде, либо в виде продуктов соответствующей переработки.

Главный «нерв» промышленности - **железо**. Оно является основой:

## География. Иллюстрированная минералогия.

- металлургии и машиностроения,
- мостов, железобетонных сооружений,
- судостроения и железных дорог,
- оснащения военных армий,
- изготовления товаров широкого потребления и так далее.

Громадную роль в развитии **промышленности** играет и **жидкое минеральное топливо** – нефть и продукты её переработки. Всё большее значение приобретают **горючие газы**.

В развитии цветной металлургии, электропромышленности, судостроения, машиностроения и других отраслей промышленности крупную роль играют так называемые **цветные металлы**, добываемые из руд меди (Cu), цинка (Zn), свинца (Pb), алюминия (Al), никеля (Ni), кобальта (Co). Исключительное оборонное значение имеют редкие металлы: вольфрам (W), молибден (Mo), ванадий (V), хром и другие.

Развитие **сельского хозяйства** тесно связано с использованием **минеральных удобрений**: калиевых минералов (калийные соли); минералов, которые содержат фосфор (апатит, фосфориты), азот (селитра) и прочее.

**Химическая промышленность** в значительной мере базируется (основывается) на минеральном сырье:

- для сернокислотного производства используются богатые серой колчеданы (пирит), самородная сера;
- многочисленные минералы употребляются для приготовления химических препаратов - самородная сера, селитра, плавиковый шпат, минералы бора, калия, натрия, магния, ртути и другие;
- в резиновом производстве используются сера, тальк, барит; в изготовлении взрывчатых веществ - сера, селитра, инфузурная земля;
- для производства кислотоупорных и огнеупорных материалов - асбест, кварц, графит и другие;
- в красильном деле и в изготовлении эмали и глазури - галенит, сфалерит, барит, минералы титана, меди, железа, мышьяка, ртути, кобальта, бора, криолит, ортоклаз, циркон;
- в писчебумажном производстве - тальк, каолин, сера, квасцы, магнезит.

Каменная и поваренная соли служат необходимой составной частью **пищи** человека. Ряд минералов и продуктов их химической переработки применяется в виде **лекарств** (глауберова соль, соли висмута, бария, бора, йода, минеральные воды и другие). Для **лечебных целей** используются также минеральные источники (сероводородные, углекислые, железистые, соляные и прочие) и природные грязи. В **медицине** применяются радиоактивные вещества, добываемые из радиоактивных минералов.

Большую роль в жизни человека играют и **поделочные камни**. Помимо драгоценных камней, что идут большей частью на украшения и художественные изделия, многие цветные камни используются в строительстве (например, для облицовки стен). Лучшие сооружения нашей страны украшаются розовым родонитом, разноцветной яшмой, мрамором, кварцитами.

Кварц, исландский шпат, слюда, турмалин, флюорит используют для изготовления оптических приборов. Из агата, корунда, циркона и других твёрдых минералов изготавливаются подшпунники для часов и других точных приборов. Алмаз (карбонадо), корунд, гранат, кварц употребляются в качестве абразивных материалов при шлифовке и полировке предметов. Мягкие и жирные минералы (тальк, графит) применяются в качестве наполнителей, для смазки трущихся частей механизмов и тому подобное.

Из приведённого, далеко не полного перечня применения минералов и получаемых из них продуктов переработки видно, насколько велико значение минерального сырья в народном хозяйстве и в человеческом быту.

### 3. ЗЕМНАЯ КОРА И ОСОБЕННОСТИ ЕЁ СОСТАВА

Главным объектом геологических, в том числе и минералогических, исследований является **земная кора**, под которой понимается самая верхняя оболочка земного шара, доступная непосредственному наблюдению.

Впервые состав твёрдой части земной коры в весовых процентах подсчитал американский исследователь Ф. Кларк в 1889 г.

Большая работа по уточнению полученных цифр была проделана В.И. Вернадским, А.Е. Ферсманом, В.М. Гольдшмидтом и другими (табл. 1).

В химическом плане в земной коре наиболее распространёнными элементами являются: кислород  $O_2$ , кремний Si, алюминий Al, железо Fe, кальций Ca, натрий Na, калий K, магний Mg, водород  $H_2$ , титан Ti, углерод C и хлор  $Cl_2$ .

На долю остальных элементов приходится всего лишь 0,71% (по весу).

Таблица 1

### Известные отечественные учёные-минерологи



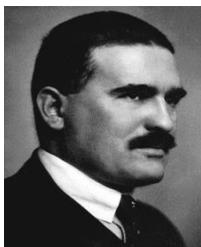
**Миха́ило (Михаи́л)  
Васи́льевич Ломоно́сов**  
(1711-1765)

первый русский учёный-  
естествоиспытатель мирового значения



**Владимир Иванович Вернадский**  
(1863—1945)

Российский и советский учёный есте-  
ствоиспытатель, мыслитель и обще-  
ственный деятель конца XIX - первой  
половины XX века



**Виктор Мориц Гольдшмидт**  
(1888—1947)

химик и геофизик, один из основопо-  
ложников геохимии и кристаллохимии



**Александр Евгеньевич Ферсман**  
(1883-1945)

русский геохимик и минералог, один из  
основоположников геохимии

Подавляющее большинство этих элементов в земной коре присутствует почти исключительно в виде химических соединений. К числу элементов, встречающихся в самородном виде, относятся очень немногие.

Те и другие возникают в результате химических реакций, которые протекают в земной коре в результате геологических процессов. Они приводят к образованию самых разнообразных по составу **массивов горных пород** и **месторождений полезных ископаемых** (скопления минералов, которые использует человек в своей практической деятельности).

Природные соединения тяжёлых металлов представляют собой в основном сравнительно простые соединения. Часть этих элементов (Fe, Mn, Sn, Gr, W, Nb, Ta, Th, U) преимущественно распространена в виде кислородных соединений, но зато многие другие элементы (Ni, Co, Zn, Cu, Pb, Hg, Mo, Bi, As, Sb, Ag и другие) встречаются, главным образом, в виде скоплений сернистых, мышьяковистых и сурьмянистых соединений.

#### 4. СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Когда мы осматриваем минералы в музейных витринах или лотках со специально подобранными образцами, то нас невольно поражает то разнообразие внешних признаков, по которым они отличаются друг от друга.

К важнейшим **диагностическим признакам** минералов относятся:

- **морфологические особенности** (*форма* выделений минералов);

- **оптические свойства** (*прозрачность, цвет минералов, цвет черты* (цвет минерала в порошке на белом фоне), *блеск*);

- **механические свойства** (*спайность* (способность минерала раскалываться при ударе по определенным кристаллографическим плоскостям), *излом* (неровный, раковистый, занозистый, зернистый, ступенчатый, землистый, крючковатый), *твёрдость, хрупкость*);

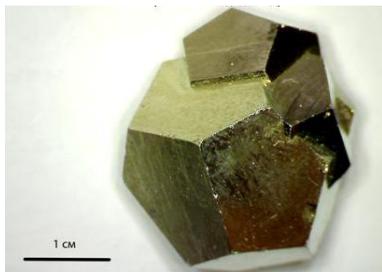
- **физические свойства** (*удельный вес, вкус, запах, магнитность, радиоактивность*) и прочие.

Например, замечательной особенностью многих природных соединений служат их **окраска и прозрачность** (табл. 2).

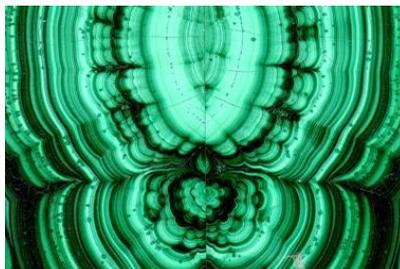
Но нужно отметить, что окраска большого количества минералов изменчива. Таковы, например, разновидности кварца: бесцветные (прозрачные), молочно-белые, жёлтые и желтовато-бурые, почти чёрные, фиолетовые, розовые.

**Некоторые характеристики минералов**

Наименование	Свойство
Горный хрусталь, каменная соль	кажутся прозрачными
Магнетит	мутный, полупрозрачный
Графит	совершенно не пропускает свет
Киноварь (сернистая ртуть)	обладает карминно-красным цветом
Малахит	характерная ярко-зелёная окраска
Кубические кристаллики пирита	узнаются по металлически-золотистому цвету



Пирит



Малахит



Горный хрусталь

**Блеск** – также весьма характерный признак многих минералов. В одних случаях он очень похож на блеск **металлов** (галенит, пирит, арсенипирит), в других - на блеск **стекла** (кварц), **перламутра** (мусковит). Немало и таких минералов, которые даже в свежем изломе выглядят **матовыми**, то есть **не имеют блеска**.

Минералы различаются и по другим физическим свойствам. Например: **твёрдость** (кварц, гранат, пирит легко оставляют царапины на стекле; кальцит, малахит сами царапаются обломками стекла или острием ножа, а гипс, графит легко чертятся ногтем); **растворимость** (каменная соль легко растворяются в воде, кальцит растворим лишь в кислотах, а кварц устойчив даже по отношению к крепким кислотам) и так далее (табл. 3).

**Спайность и излом** - способность кристаллов раскалываться или расщепляться по определенным направлениям (табл. 3).

**Цвет черты** по сравнению с окраской минералов является гораздо более постоянным, а, следовательно, и более надёжным диагностическим признаком. Например, у киновари окраска и цвет порошка красные, у магнетита - чёрные, у лазурита - синие и так далее.

Для других минералов наблюдается довольно резкое различие между цветом минерала и цветом черты: у гематита (цвет минерала стально-серый или чёрный, а черта – красная), у пирита (цвет минерала латунно-жёлтый, а черта – чёрная) и так далее.

**Явление люминесценции** наблюдается в темноте. Минералы, обладающие этим свойством, под влиянием облучения начинают светиться и кажутся окрашенными в те или иные цвета, иногда очень яркие. Истинная природа этого сложного явления еще недостаточно изучена.

**Магнитность** – способность минерала притягивать железные тела. **Радиоактивность** – способность атомных ядер минералов неожиданно испускать элементарные (простейшие) частицы, которая позволяет менять свой заряд и массовое число. Радиоактивностью обладают, прежде всего, минералы группы урана (настуран, уранинит) и тория.

Все эти свойства минералов находятся в причинной зависимости от особенностей химического состава минералов, от кристаллической структуры вещества и от строения атомов или ионов, которые входят в состав соединений (рис. 1).

Таблица 3

**Химические формулы некоторые механические свойства наиболее распространённых и практически важных минералов**

Минералы, в порядке возрастания их твёрдости	Формулы:		Твёрдость:		Плотность, г/см <sup>3</sup>	Спайность
	Химическая	Характерных элементов симметрии <i>симгония</i>	По шкале Мооса	На микро- твердомере кг/мм <sup>2</sup>		
Тальк	$Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$	$L_2PC$ моноклиная	1	2,4	2,8	в.с.
Гипс	$Ca(SO_4) \cdot 2H_2O$	-	2	55	2,3	в.с.
Кальцит	$Ca(CO_3)$	$L_3L_23PC$ тригональная	3	125	2,7	с.
Флюорит	$CaF_2$	$3L_44L_56L_29PC$ кубическая	4	184	3,18	с.
Апатит	$Ca_5[PO_4]_3(F, Cl)$	$L_6PC$ гексагональная	5	540	3,2	н.с.
Ортоклаз	$K[Al Si_3O_8]$	$L_2PC$ моноклиная	6	794	2,5-2,6	в.с.
Кварц	$SiO_2$	$L_4C$ тригональная	7	1130	2,67	в. н. - с.
Топаз	$Al_2[SiO_4](F, OH)_2$	$3L_2; 3L_23PC$ ромбическая	8	1442	3,5	с.
Корунд	$Al_2O_3$	$L_3$ тригональная	9	2060	4,0	-
Алмаз	C	$3L_44L_56L_29PC$ кубическая	10	10060	3,5	ср.

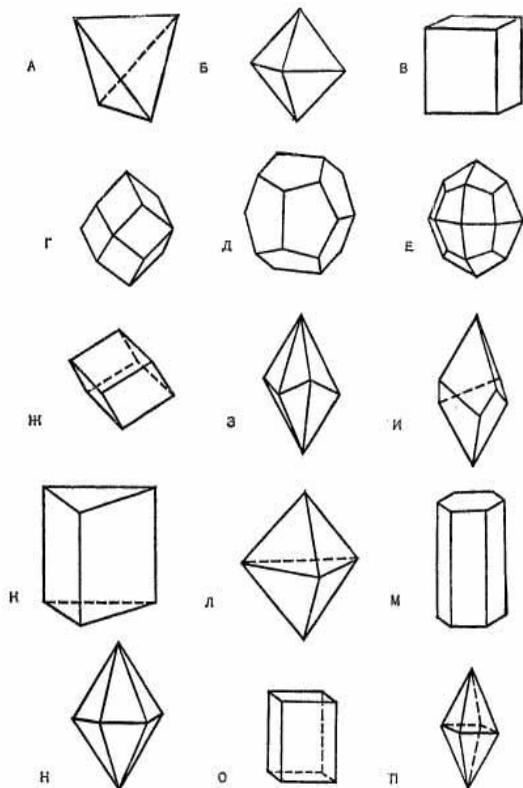


Рисунок 1. Формы кристаллических многогранников:

- А**-тетраэдр,
- Б**-октаэдр,
- В**-куб,
- Г**-ромбододекаэдр,
- Д**-пентагондodeкаэдр,
- Е**-тетрагонтриоктаэдр (икоситетраэдр),
- Ж**-ромбоэдр,
- З**-скалендоэдр,
- И**-трапецоэдр,
- К** – трёхгранная призма,
- Л** – трёхгранная бипирамида,
- М** – шестигранная призма,
- Н** – шестигранная бипирамида,
- О** – четырёхгранная призма,
- П** – четырёхгранная бипирамида

## 5. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МИНЕРАЛОБРАЗОВАНИЯ

Для выяснения условий *генезиса* (происхождения) какого-либо данного комплекса минералов нам важно не только установить способ их образования, но также увязать его с теми геологическими процессами, которые совершаются в земной коре и приводят к образованию самых различных по составу горных пород и руд месторождений полезных ископаемых.

Все процессы образования минералов и горных пород могут быть разбиты на три группы:

<b>Эндогенные</b> (или внутренние)/гипогенные (глубинные) процессы	происходят за счёт внутренней тепловой энергии земного шара.
<b>Экзогенные</b> (или внешние)/гипергенные (поверхностные) процессы	происходят на поверхности земли главным образом под воздействием солнечной энергии.

**Метаморфические**

(или метаморфогенные) процессы

связаны с изменяющимися физико-химическими условиями, среди которых главное место занимают изменения давления и температуры.

**6. МЕТОДЫ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Многие из минералов, особенно те, которые могут содержать ценные для промышленности металлы, требуют исследований с помощью специальных приборов разнообразными методами. К таким методам относятся:

**Кристаллохимический анализ** представляет собой измерение углов между гранями достаточно крупных кристаллов. Этим путём удаётся не только установить вид симметрии кристаллов (*сингонию*), но и определить состав минерала.

**Рентгеноструктурный (рентгенодифракционный) анализ** является одним из методов исследования структуры вещества. Метод позволяет определять атомарную структуру вещества, определить группу симметрии кристалла (рис.2).

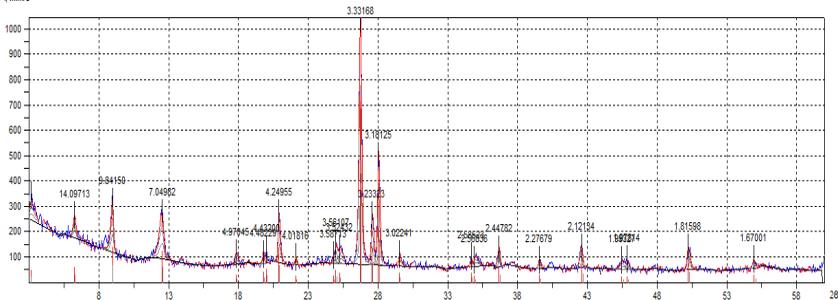


Рисунок 2. Рентгенограмма каолинит-гидрослюдистой глины

**Кристаллооптический анализ** сводится к определению с помощью микроскопа ряда оптических констант, свойственных изучаемому минералу. Этот метод определения прозрачных минералов с помощью поляризационного микроскопа в проходящем свете (рис.3).



Рисунок 3. Поляризационный микроскоп

**Термический анализ** сводится к получению кривых нагревания (или охлаждения) вещества с целью установления эндо- и экзотермических эффектов (рис.4). эти эффекты обуславливаются физическими и химическими превращениями, происходящими в исследуемом веществе при повышении температуры (выделение воды, окисление, восстановление, переход в новую полиморфную модификацию и другое).

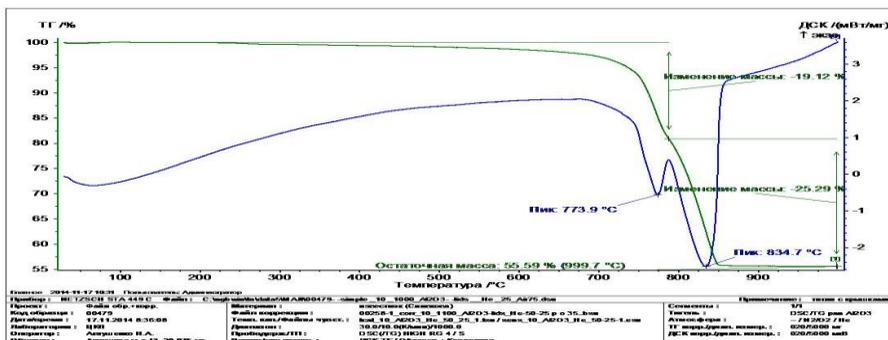


Рисунок 4. Термограмма кальцита с доломитом

**Химический анализ** является сравнительно трудоёмким и дорогим методом исследования. Прибегают к нему в тех случаях, когда имеются основания установить какую-либо новую разновидность, новый минерал; когда без данных химического анализа

### География. Иллюстрированная минералогия.

невозможно решить вопрос о разновидности изучаемого минерала, обладающего переменным составом, а также тогда, когда минерал принадлежит к числу редких соединений, для которых известно ограниченное число полных анализов.

**Спектральный анализ** определения присутствующих в минерале других химических элементов. Метод основан на том, что каждый химический элемент при достаточном нагревании испускает лучи определенных, характерных для него длин волн, устанавливаемые с помощью спектрографа. Главными преимуществами спектрального анализа являются точность и быстрота определения содержащихся в минерале катионов металлов.



*Рисунок 5. Спектроскоп для определения драгоценных металлов*

**Рентгеноспектральный (рентгенохимический) анализ** аналогичен спектральному, но особенно ценен при количественном определении в минералах редких земель таких элементов как Y, Nb, Ta, Hf, Re. Их определение обычными химическими методами составляет чрезвычайно трудоемкую задачу.

## 7. ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ МИНЕРАЛОВ

В основе классификации минералов лежат их химические и структурные признаки. Всё царство минералов делится на два подцарства – **простых веществ** ( $O_2$ ,  $H_2$ ,  $Cl_2$ ...) и **соединений** ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ...).

В подцарстве соединений выделяется три типа, которые объединяют минералы с близким характером химических соединений, родственным типом химической связи: 1. халькогенные соединения; 2. кислородные соединения; 3. галогенные соединения (табл. 4).

### Классификация минералов

Подцарство	Тип	Класс	Анионная группа
Простые вещества		металлы	
		неметаллы	
Соединения	Халькогенные	сульфиды и их аналоги	$S^{2-}$
		теллуриды	$Te^{2-}$
		арсениды и их аналоги	$As^{3-}$
	Кислородные соединения	оксиды и гидроксиды	$O^{2-}$ и $[OH]^{1-}$
		силикаты и алюмосиликаты	$[SiO_4]^{4-}$ и $[Si_2O_7]^{6-}$ $[Si_3O_9]^{6-}$ и др.
			$[Si_2O_6]^{4-}$ $[Si_3O_9]^{6-}$
			$[Si_4O_{11}]^{6-}$
			$[Si_4O_{10}]^{4-}$
			$[Al Si_3 O_8]^{1-}$ $[Al_2 Si_2 O_8]^{2-}$
		бораты	$[BO_3]^{3-}$
		фосфаты, арсенаты, ванадаты	$[PO_4]^{3-}$ $[AsO_3]^{3-}$ $[VO_3]^{3-}$
		молибдаты и вольфраматы	$[WO_4]^{2-}$ и $[MoO_4]^{2-}$
		карбонаты	$[CO_3]^{2-}$
	сульфаты	$[SO_4]^{2-}$	
	Галогенные	фториды	$F^{1-}$
хлориды и их аналоги		$Cl^{1-}$ $B^{1-}$ $J^{1-}$	

Типы разделяются на классы, в один класс объединяют соединения с однотипными анионами (или элементами в простых веществах).

## 8. ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ КЛАССОВ МИНЕРАЛОВ

### Класс 1 и 2. Металлы и неметаллы

**Распространённость:** составляют 0,1% массы земной коры; в природе известно ~ 30 химических элементов, но большая часть из них встречается очень редко. Наиболее распространены сера, углерод и медь, реже встречаются благородные металлы (Au, Ag, Pt) и полуметаллы (As, Sb, Bi). Самородное железо Fe,

### География. Иллюстрированная минералогия.

кобальт Co, никель Ni из-за высокой реакционной способности также редки.

**Образование: для металлов** – магматогенное (Au, Pt, Os, Ir); гидротермальное (Au); в зонах окисления (Cu, Ag); в метеоритах (Fe); для неметаллов – зоны окисления, вулканогенное и биогенно-осадочное (S); эндогенное (графит и алмаз).

**Общие физические свойства металлов:** большая плотность, металлический блеск, хорошая электропроводность; большая часть обладает ковкостью и низкой твёрдостью.



Платина самородная



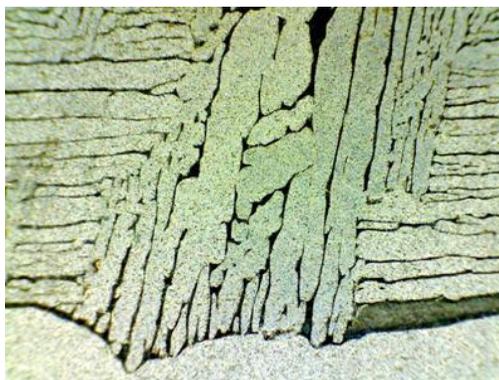
Медь самородная



Самородное золото



Метеорит



Самородное метеоритное железо

**Неметаллы** более разнообразны по своим свойствам (табл.5). Пример - сера, алмаз, графит и др.

Таблица 5

**Физические свойства неметаллов**

<b>Свойства</b>	<b>Неметаллы</b>
Агрегатное состояние при комнатной температуре	твёрдое (например, фосфор и графит), жидкое (только бром) или газообразное (например, кислород и хлор)
Цвет	различный, например, бром красно-бурый, сера жёлтая, хлор желтовато-зелёный
Блеск	нет блеска
Ковкость	отсутствует
Теплопроводность	только углерод (графит)
Электропроводность	только углерод (графит) и чёрный фосфор



Сера самородная



Алмазы

### Класс 3. Сульфиды и их аналоги $S^{2-}$

**Распространённость:** составляют около 0,15 % от массы земной коры, в природе известно более 350 минералов.

**Образование:** преимущественно гидротермальное; в зонах окисления ниже уровня грунтовых вод; хемогенно-осадочное при сероводородном заражении бассейнов; реже кристаллизация из магматического расплава.

**Общие физические свойства сульфидов:** большая плотность, металлический (реже алмазный) блеск; окрашенная черта (чёрная, коричневая, иногда красная); большая часть из них не прозрачны (пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, аурипигмент, киноварь и др.).



Сфалерит –  $ZnS$  цинковая обманка, сульфид цинка.

Халькопирит -  $CuFeS_2$  (медный колчедан), медная руда,

галенит –  $PbS$  свинцовая руда

СФАЛЕРИТ, ХАЛЬКОПИРИТ,  
ГАЛЕНИТ, КАЛЬЦИТ, КВАРЦ  
Приморье, м-ние Дальнего Востока  
Город В. С. Кореньбуури



Пирит  $\text{FeS}_2$



Аурипигмент  $\text{As}_2\text{S}_3$

#### **Класс 4. Оксиды и гидроксиды $\text{O}^{2-}$ и $[\text{OH}]^-$**

**Распространённость:** выделено почти 200 минеральных видов, которые составляют около 17% от массы литосферы. Из них почти 13% приходится на семейство кремнезема и 4% – на долю оксидов и гидроксидов железа.

**Образование:** в зонах окисления, корках выветривания; при коагуляции растворов под действием морской воды (гидроксиды Fe, Al, Mn); биогенно-осадочное (озёрно-болотные железные руды); в скарнах; метаморфическое; магматическое и в пегматитах (кварц, корунд).



Боксит – алюминиевая руда, которая состоит из гидроксидов алюминия, оксидов железа и кремния, сырьё для получения глинозёма и глинозёмосодержащих огнеупоров. Содержание глинозёма в промышленных бокситах колеблется от 40% до 60% и выше. Используется также в качестве флюса в чёрной металлургии.

География. Иллюстрированная минералогия.



Друза горного хрусталя (кварц  $\text{SiO}_2$ ).



Друза мориона (чёрный кварц)



Цитрин (жёлтый кварц)

География. Иллюстрированная минералогия.



Раухтопаз (дымчатый кварц)



Аметист (фиолетовый кварц)



Гематит - это широко распространённый минерал железа  $Fe_2O_3$ , одна из главнейших железных руд.



Лимонит -  $n\text{Fe}_2\text{O}_3 + n\text{H}_2\text{O}$  бурый железняк, железная руда



Магнетит -  $(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+})\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$  Синонимы: железняк магнитный, руда железная магнитная.

Корунд -  $\alpha$ -оксид алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), тригональной сингонии. Из корунда изготавливаются режущие диски для шлифовально-режущих машин и высоко-температурные огнеупоры. Примеры корундов – рубин, сапфир, лейкосапфир и др.



Сапфир - корунд синего цвета разной интенсивности. При умеренно-интенсивной васильково-синей окраске — драгоценный камень первой категории.



Рубин - корунд красного цвета; драгоценный камень первой категории.



Лейкосапфир - бесцветный и совершенно прозрачный корунд, используется для лазерных устройств.



Рутил- $TiO_2$  является рудой для получения ферротитана. Он используется для выплавки специальных сортов стали, для изготовления титановых белил и т.д.



Пиролузит -  $MnO_2$ , важная марганцевая руда

### **Класс 5. Силикаты и алюмосиликаты**

**Распространённость:** наиболее распространенный в литосфере класс минералов, составляют 85% от массы земной коры; известно ~ 800 минеральных видов.

**Образование:** в основном магматическое и метаморфическое (все виды метаморфизма); метасоматическое; реже высокотемпературное гидротермальное; в корях выветривания (глинистые минералы).

**Общие физические свойства:** средняя плотность; стеклянный блеск; белая или слабоокрашенная черта.

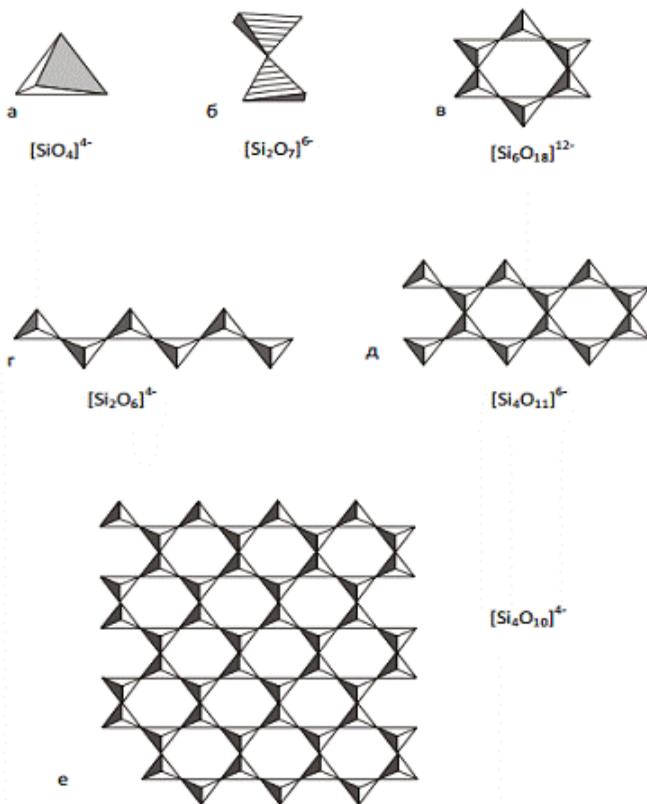
Кристаллохимической особенностью силикатов является тетраэдрическая координация кремнезёма. Каждый ион кремния  $\text{Si}^{4+}$  в структуре силикатов находится в окружении четырех ионов кислорода  $\text{O}^{2-}$ , что может быть представлено в виде тетраэдра, в центре которого находится  $\text{Si}^{4+}$ , а в вершинах –  $\text{O}^{2-}$ .

Кремнекислородные тетраэдры способны соединяться друг с другом в сложные конечные и бесконечные радикалы. В зависимости от типа группировки  $\text{SiO}_4$  тетраэдров выделяют островные, цепочечные, ленточные, слоистые и каркасные силикаты (рис. 6).

Полевые шпаты – класс силикатов системы изоморфного ряда  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ . Характерными представителями являются лабрадор, микроклин, амазонит, гранат и другие.

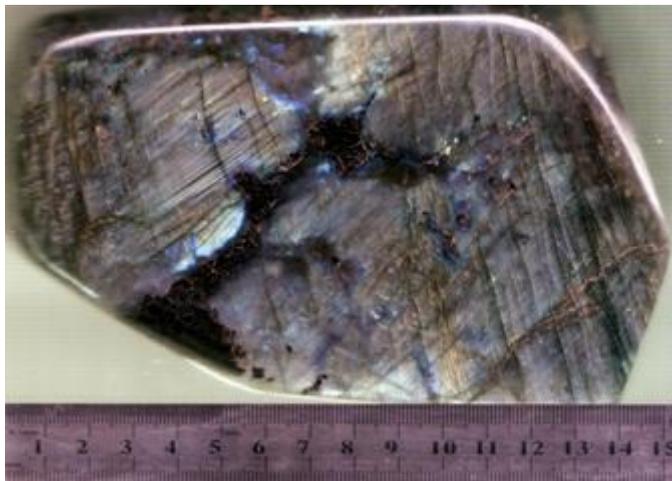


Микроклин -  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$  класс силикатов группы полевых шпатов, калинатровый полевой шпат, алюмосиликат калия каркасного строения.

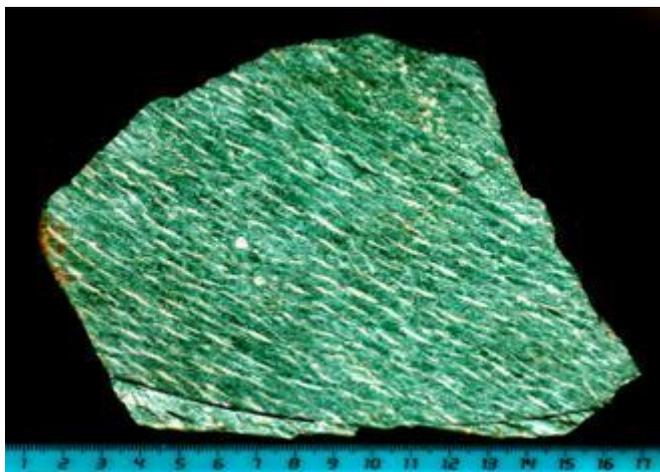


*Рисунок 6. Типы соединения кремнекислородных тетраэдров в силикатах:*

а, б, в – островные  
 (а – ортогруппа, б – диортогруппа, в – кольцевые);  
 г – цепочечные, д – ленточные, е – слоевые.



Лабрадор — минерал из группы плагиоклазов. Член изоморфного ряда  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  (альбит) —  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  (анортит), содержит 50—70% анортитового компонента.



Амазонит -  $(\text{K}, \text{Na}) [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$  минерал силикат, голубовато-зелёная разновидность микроклина (калиевого полевого шпата).



Гранат пироп - магниво-алюминиевый ортосиликат.  $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$ . Часто содержит примесь железа (до 10%). Входит в подгруппу алюминиевых гранатов. Спутник алмазов.



Топаз –  $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$   
фторсодержащий силикат алюминия

Турмалин –  $Na(Li,Al)_3Al_6[(OH)_4|(BO_3)_3Si_6O_{18}]$  – также представители силикатов, а именно борсодержащий алюмосиликат.



Полихромный турмалин



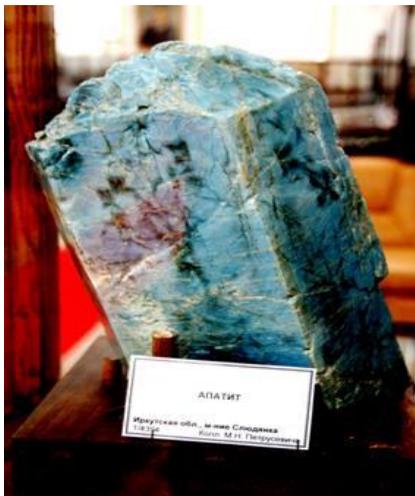
Чёрный турмалин-шерл

### Класс 6. Фосфаты $[PO_4]^{3-}$

**Распространённость:** вместе с аналогами составляют 0,7% от массы литосферы; в природе известно около 185 минеральных видов фосфатов, но широко распространены не более нескольких десятков. Часто встречаются фосфаты  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $UO^{22+}$

**Образование:** зоны окисления; магматическое в щелочных породах и карбонатитах (апатит); контактово-метасоматическое; осадочное (фосфориты); реже гидротермальное.

**Физические свойства** фосфатов сильно различаются в зависимости от типа катиона и структуры минерала. Многие из них имеют низкую и среднюю твёрдость (редко 6-6,5); часто отличаются яркой окраской; плотность в зависимости от состава колеблется от низкой до высокой.



Апатит - несколько минералов класса фосфатов, с общей химической формулой  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH,F,Cl)_2$ . Является сырьём для производства фосфорных удобрений, фосфора и фосфорной кислоты, его применяют в черной и цветной металлургии, в производстве керамики и стекла, главная неорганическая составляющая кости и зубов позвоночных животных и человека.

### Класс 7. Карбонаты $[CO_3]^{2-}$

**Распространённость:** составляют 1,5% от массы земной коры, известно около 95 минералов. Наиболее распространены карбонаты Ca, Mg, Fe, реже встречаются карбонаты Zn, Pb, Mn и другие.

**Образование:** осадочное биогенное и хемогенное (известняки и доломиты); гидротермальное; в корках выветривания и зонах окисления (карбонаты Cu, Zn, Pb); метасоматическое; реже магматогенное (карбонатиты).

**Общие свойства:** низкая твёрдость (3-5); реакция с разбавленной соляной кислотой; совершенная спайность; средняя

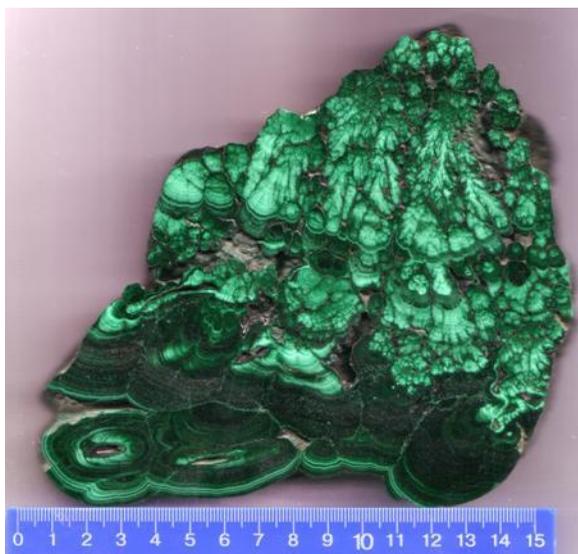
### География. Иллюстрированная минералогия.

плотность. Большая часть карбонатов белые, бесцветные или слабо окрашены механическими примесями. Карбонаты  $\text{Cu}$  – зелёные и синие,  $\text{Fe}$  – желтовато-бурые,  $\text{Mn}$  – розовые.

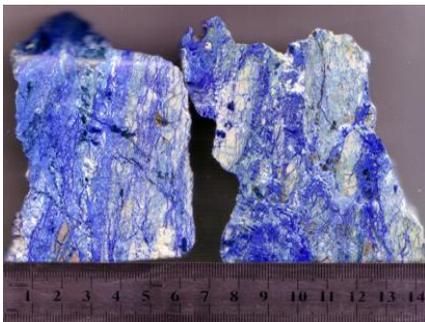
В металлургической промышленности известняк (карбонат) необходим в качестве флюса. Флюс (плавень) – это неорганическое вещество, которое добавляют к руде при выплавке металлов для снижения температуры плавления.



Кальцит  $\text{CaCO}_3$  – группа карбонатов, является основным компонентом известковых осадочных и метаморфических пород, особенно известняков и мраморов.



Малахит -  $\text{CuCO}_3 \times \text{Cu}(\text{OH})_2$  основной карбонат меди



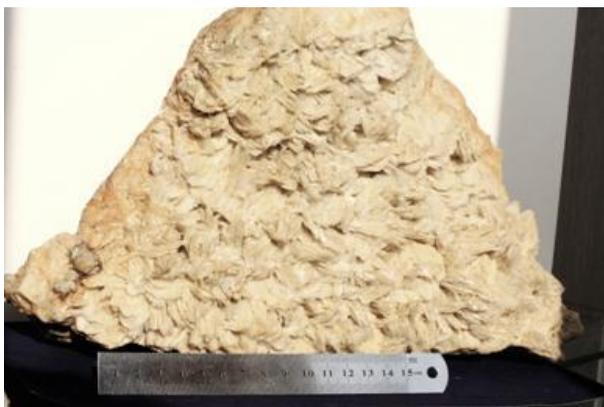
Азурит -  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ , является вторичным минералом, образующимся при преобразовании сульфидов меди

### **Класс 8. Сульфаты $[\text{SO}_4]^{2-}$**

**Распространённость:** составляют 0,1% от массы земной коры, известно около 120 минералов. Наиболее часто встречаются сульфаты  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  (гипс и ангидрит, барит, целестин). Различают сульфаты безводные и водные, содержащие кроме анионного комплекса  $[\text{SO}_4]^{2-}$  добавочные анионы  $(\text{OH})^-$ .

**Образование:** хемогенно-осадочное, в лагунах и озерах (гипс, ангидрит); гидротермальное (барит); в зонах окисления (сульфаты Pb, Cu, U); как продукты вулканической деятельности.

**Общие свойства:** низкая твёрдость (до трёх с половиной), для водных сульфатов – не более двух; низкая плотность (кроме сульфатов Ba, Sr, Pb), совершенная спайность. Большая часть сульфатов прозрачные, белые, окрашены в светлые тона механическими примесями или из-за дефектов кристаллической решетки.



Барит -  $\text{BaSO}_4$  тяжёлый шпат - минерал бария из класса сульфатов



Целестин -  $\text{SrSO}_4$  сульфат стронция. Используется в пиротехнике, химии (в стекольном, керамическом производстве), фармацевтике.



Гипс -  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Гипсовая роза. Применяется в архитектурном и скульптурном деле, в бумажной промышленности, в медицине, в качестве удобрения в сельском хозяйстве, в производстве серной кислоты, цемента, эмалей, глазурей и красок.

### **Класс 9. Фториды F<sup>1-</sup>**

**Распространённость:** фториды имеют довольно ограниченное распространение. К собственно фторидам относится всего 12 минеральных видов. Ведущими катионами являются литофильные элементы Ca, Na, Al, Mg. Из минералов наиболее широко распространён флюорит CaF<sub>2</sub>.

**Образование:** гидротермальное; контактово-метасоматическое; магматическое, в пегматитах.

**Общие свойства:** свойства зависят от типа катиона. Фториды литофильных элементов обладают средней твёрдостью, стеклянным или жирным блеском, белой или слабоокрашенной чертой.



Флюорит используется в металлургии в качестве плавня (флюса), для формирования легкоплавких шлаков.

### **Класс 10. Хлориды Cl<sup>1-</sup>**

**Распространённость:** хлориды более широко распространены в природе, чем другие галогенные соединения. К собственно хлоридам относится 68 минеральных видов. Ведущими катионами являются литофильные элементы Na, Ca, Mg. Наибольшим распространением пользуются минералы галит NaCl и сильвин KCl.

**Образование:** в основном хемогенно-осадочное, в лагунах и озерах; в незначительных количествах образуются в гипогенных ассоциациях: вулканических возгонах, термальных источниках.

## География. Иллюстрированная минералогия.

**Общие свойства:** свойства зависят от типа катиона. Для хлоридов литофильных элементов характерна низкая твёрдость и плотность, стеклянный блеск, растворимость в воде, совершенная спайность по кубу (для хлоридов Na и Ca); большая часть их белая или бесцветная, часто окраска связана с механическими примесями оксидов Fe, битумов или с дефектами кристаллической решётки.

Хлориды, а именно карналлит  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  и мильвин  $KCl$  являются сырьём для получения калийной соли, удобрений; важный сырьевой источник для производства калия (K), брома (Br), магния (Mg), а магний в свою очередь необходим для производства стратегического продукта — титано-магниевого сплава — широко используемого в авиационной и космической промышленности.



Галит -  $NaCl$  каменная соль, сырьё, из которого изготавливается металлический натрий и поваренная соль.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Общая геология в курсах наук об окружающей среде /В.В. Озерянская, Б.Ч. Месхи, С.Н. Свирская, Р.Р. Лазуренко: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2012. – 228с.
2. Курс минералогии: учебное пособие/А.Г. Бетехтин. — М.: КДУ, 2007.- 720 с.
3. Азизов, С.А. Пьянков Определитель минералов: Учебное пособие/ Ульяновский техн. ун-т. - Ульяновск, 2006. - 53 с.
4. Технологическая минералогия, методы переработки минерального сырья и новые материалы/Под редакцией д.г.-м.н. В.В. Щипцова.– Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010.- 192 с.