# Содержание

1. МИНЕРАЛОГИЯ И ПОНЯТИЕ О МИНЕРАЛЕ

2. ЗЕМНАЯ КОРА И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ СОСТАВА

2.1 Строение земного шара

2.2 Состав земной коры

2.3 Некоторые особенности распределения тяжелых металлов в земной коре

3. КОНСТИТУЦИЯ И СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

3.1 Общие сведения

3.2 Химический состав и формулы минералов

3.2.1 Соединения постоянного состава

3.2.2 Соединения переменного состава (твердые растворы, смешанные кристаллы, изоморфные смеси)

3.2.3 Водные соединения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

# 1. МИНЕРАЛОГИЯ И ПОНЯТИЕ О МИНЕРАЛЕ

Минералогия принадлежит к числу геологических наук. Название этой науки в буквальном смысле означает учение о минералах, которое объемлет все вопросы о минералах, включая и их происхождение. Термин "минерал" происходит от старинного слова "минера" (лат. minera — руда, ископаемое). Это указывает, что его появление связано с развитием горного промысла.

Интуитивно минералы можно определить как составные части горных пород и руд, отличающиеся друг от друга по химическому составу и физическим свойствам (цвету, блеску, твердости и т. д.). Например, биотитовый гранит как горная порода состоит из трех главных минералов различного состава: светлоокрашенного полевого шпата, серого кварца и черной слюды (биотита).

В настоящее время большинство объектов минералогии отвечает следующему определению:

Минерал — однородное природное твердое тело, находящееся или бывшее в кристаллическом состоянии.

Таким образом, определенное понятие минерала отвечает минеральному индивиду — естественно ограниченному телу — и охватывает все разнообразие реальных единичных объектов минералогии, встречающихся в природе. В число минералов обычно не включаются высокомолекулярные органические образования типа битумов, не отвечающие в большинстве случаев требованиям кристалличности и однородности.

С генетической точки зрения минералы представляют собой природные химические соединения и простые вещества, являющиеся естественными продуктами различных физикохимических процессов, совершающихся в земной коре и прилегающих к ней оболочках (включая и продукты жизнедеятельности организмов)1. К минералам относят и космогенные объекты, отвечающие вышеприведенным требованиям однородности и кристалличности.

Минералогия как наука о природных химических соединениях (минералах) изучает во взаимной связи их состав, кристаллическое строение, свойства, условия образования и практическое значение.

В соответствии с этим и задачи данной науки должны быть тесно связаны, с одной стороны, с достижениями смежных с нею наук (физики, химии, кристаллохимии и др.), а с другой — с запросами практики поисково-разведочного дела.

Главнейшими задачами минералогии в настоящее время являются:

1. всестороннее изучение и более глубокое познание физических и химических свойств минералов во взаимной связи с их химическим составом и кристаллическим строением с целью практического использования их в различных отраслях промышленности и выявления новых видов минерального сырья;
2. изучение закономерностей сочетания минералов и последовательности образования минеральных комплексов в рудах и горных породах с целью выяснения условий возникновения минералов и истории процессов минералообразования (генезиса), а также использования этих закономерностей при поисках и разведках различных месторождений полезных ископаемых.

# металл минерал кристалл изоморфный

# 2. ЗЕМНАЯ КОРА И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ СОСТАВА

2.1 Строение земного шара

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

Наши фактические знания о строении и химическом составе земной коры основываются почти исключительно на наблюдениях над самыми поверхностными частями нашей планеты.

Горообразующие процессы, совершавшиеся в различные геологические эпохи и приводившие к образованию высоких горных хребтов, подняли из глубины самые различные породы, не образующиеся вблизи поверхности Земли. Наиболее глубинные по происхождению горные породы из доступных прямому изучению — мантийные ксенолиты, обнаруживаемые в трубках взрыва, — являются объектом пристального внимания исследователей. Их изучение дает возможность, как показывают геологические наблюдения и подсчеты, получить более или менее реальное представление о составе и строении земного шара только до глубины 100–150 км (радиус же его превышает 6300 км).

О строении и составе глубоких недр земного шара можно судить лишь на основании косвенных данных. Как показывает сопоставление плотностей всего земного шара (5,527) и земной коры (2,7–2,8), внутренние части нашей планеты должны обладать значительно большей плотностью, чем поверхностные. Различные данные (геофизические наблюдения, данные сравнения Земли с другими космическими телами, состав метеоритов и пр.) дают основания предполагать, что это обстоятельство обусловлено не только увеличением с глубиной давления, но и изменением состава внутренних частей нашей планеты.

Согласно современным моделям, построенным на основании геофизических данных, в строении Земли выделяется несколько концентрических оболочек (геосфер), различающихся по физическим свойствам и составу (табл. 1).

Таблица 1 Характеристики геосфер Земли

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Оболочка | Индекс | Нижняя граница, км | Плотность | Компонентный состав |
| Кора | A | 10-30 | 2,80–2,85 | SiO2, Al2O3,FeO, CaO, MgO, Na2O, K2О |
| Верхняя мантия | B | 350–400 | 2,9–3,5 | SiO2, MgO, FeO, CaO, Al2O3 |
| Переходная зона | C | 770 | 3,8–4,2 | SiO2, MgO, FeO, CaO, Al2O3 |
| Нижняя мантия | D | 2875 | 4,5–5,6 | SiO2, MgO, FeO, Fe, MgS, FeS |
| Внешнее ядро | E | 4711 | 9,8–12,2 | FeO, Fe, FeS, Si, Ni, H, C |
| Переходная зона | F | 5160 | 12,2–12,5 | Fe, FeS, Ni, H, C |
| Внутреннее ядро | G | 6371 | 12,7–14,0 | Fe, Ni, H, C |

2.2 Состав земной коры

Впервые состав твердой 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, И. и В. Ноддаками, Г. Гевеши, В. М. Гольдшмидтом и А. П. Виноградовым. Последний подсчитал средний химический состав лишь литосферы (без учета гидросферы и атмосферы).

Из более чем ста химических элементов, приведенных в периодической таблице элементов Менделеева, лишь немногие пользуются широким распространением в земной коре. Такие элементы в таблице располагаются преимущественно в верхней ее части, т. е. относятся к числу элементов с малыми порядковыми номерами.

Наиболее распространенными элементами являются: О, Si, Al, Fe, Ca, Na, К, Mg, Ti, H и С. На долю всех остальных элементов, встречающихся в земной коре, приходится всего лишь несколько десятых процента (по весу). 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 при различных геологических процессах, приводящих к образованию самых разнообразных па составу массивов горных пород и месторождений полезных ископаемых.

2.3 Некоторые особенности распределения тяжелых металлов в земной коре

Многие из указанных редких в земной коре элементов под влиянием совершающихся в природе геохимических процессов нередко образуют исключительно богатые скопления минерального вещества, носящие название рудных месторождений. Если бы не существовало процессов, приводящих к образованию таких месторождений, которые имело бы смысл разрабатывать с целью извлечения ценных для промышленности металлов, то можно с уверенностью сказать, что не было бы и столь мощного развития техники и культуры, какое наблюдается в настоящее время.

Тогда многие металлы, извлеченные из пород в лабораторных условиях, являлись бы исключительно дорогими. Весьма характерно, что кларки таких металлов, как ванадий, цезий, галлий и др., во много раз выше кларков ртути, висмута, серебра, золота и др. Но, несмотря на их весьма ценные свойства, они не распространены в человеческом быту, так как их месторождения с промышленными концентрациями в природе крайне редки.

Рис. 1. Распространенность элементов в верхней части литосферы.

Природные соединения тяжелых металлов представляют собой в основном сравнительно простые соединения. Часть этих элементов (Fe, Mn, Sn, Сr, W, Nb, Та, Th, U) преимущественно распространена в виде кислородных соединений, но зато многие другие элементы (Fe, Ni, Co, Zn, Cu, Pb, Hg, Mo, Bi, As, Sb, Ag и др.) встречаются главным образом в виде скоплений сернистых, мышьяковистых и сурьмянистых соединений. Железо совмещает в себе свойства сидерофильных, литофильных и халькофильных элементов, обладая заметным сродством как к кислороду, так и к сере.

На диаграмме (рис. 1) даны логарифмы атомных кларков (H) как функция порядкового номера (Z), причем кислород принят за единицу.

На диаграмме по оси абсцисс расположены порядковые номера химических элементов, а по оси ординат — логарифмы их атомных кларков. Можно видеть, что с увеличением порядкового номера кривые кларков как четных, так и нечетных элементов в общем обнаруживают тенденцию к понижению. Это означает, что для большинства химических элементов имеет место обратно пропорциональная зависимость их среднего содержания в земной коре от порядкового номера, хотя встречаются и исключения (например, для Li, Be, В и др.).

# 3. КОНСТИТУЦИЯ И СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

3.1 Общие сведения

Замечательной особенностью многих природных соединений является их окраска. Для ряда минералов она постоянна и весьма характерна. Например, киноварь (сернистая ртуть) всегда обладает карминно-крассным цветом, для малахита характерна ярко-зеленая окраска, кубические кристаллики пирита легко узнаются по металлически-золотистому цвету и т. д. Наряду с этим окраска большого количества минералов изменчива. Таковы, например, разновидности кварца: бесцветные (прозрачные), молочнообелые, желтоватообурые, почти черные, фиолетовые, розовые.

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

Все свойства минералов (физические и др.), находятся в причинной зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры вещества — от конституции минее рала, что, в свою очередь, обусловлено размерами атомов или ионов (участвующих в составе минерала), строением их электронных оболочек (особенно наружных) и свойствами, которые определяются положением химических элементов в системе Д. И. Менделеева. Поэтому многое из того, что раньше казалось загадочным, теперь, в свете современных достижений точных наук, становится все более и более понятным. Эти достижения способствуют не только правильному пониманию природных явлений, но и помогают нам в практическом использовании свойств минералов.

Конституция минерала представляет собой единство его химического состава и кристаллической структуры. Понятие "конституция" описывает, можно сказать, сущность минерала; она является его собственным, внутреннейшим свойством, в отличие от прочих свойств и признаков, являющихся откликами на внешние воздействия, проявляющихся и формирующихся во взаимодействии со средой. Именно конституция минерала определяет его видовую принадлежность, диагностические же свойства (признаки) минералов, являющиеся функцией его состава и структуры, служат для установления видовой принадлежности.

3.2 Химический состав и формулы минералов

Подавляющее большинство встречающихся в природе минералов представлено химическими соединениями. Среди последних различают:

* а) соединения постоянного состава (дальтониды) и
* б) соединения переменного состава.

###

### 3.2.1 Соединения постоянного состава

Все химические соединения постоянного состава, как известно, строго подчиняются закону кратных отношений (закон Дальтона) и закону валентных паев, связывающему отношения компонентов данного соединения с отношениями их в других типах соединений. Эти законы находятся в полном соответствии с Периодической системой элементов Д. И. Менделеева, законами кристаллохимии и учением о симметрии в кристаллических средах.

Характерно, что эти соединения отличаются целым рядом особых физических свойств, отчетливо выступающих на физико-химических диаграммах плавкости, растворимости, электропроводности, твердости, удельного веса, показателей преломления и пр.

Лишь отдельные индивиды минералов, формирующиеся в специфических условиях природной дистилляции, приближаются к соединениям постоянного состава. Тем не менее в качестве идеализации многие минералы полезно условно рассматривать как соединения постоянного состава.

Такое абстрагирование от реального состава позволяет использовать понятие минерального вида и характеризовать индивиды минералов, относящиеся к определенному минеральному виду, единообразными и относительно простыми химическими формулами, отражающими устойчивые особенности их, вообще говоря, непостоянного состава.

К числу бинарных химических соединений относятся:

* простые оксиды:



* сульфиды:



* галогениды:



Соединения, состоящие из атомов трех элементов, называются тернарными; таковы различные кислородные соли.



Существуют, конечно, и соединения более сложного состава.

Химический состав химических соединений может изображаться двояким способом:

1. в виде эмпирических формул;
2. в виде конституционных или структурных формул.

Помимо бинарных и тернарных химических соединений, в природе распространены и более сложные соединения, например, двойные соли. Двойными солями называются такие соединения постоянного состава, которые состоят как бы из двух простых солей, присутствующих в кратных отношениях. В большинстве случаев эти соли являются двойными по катионам, реже — по анионам или одновременно по катионам и анионам. В качестве примеров могут быть приведены следующие:



### 3.2.2 Соединения переменного состава (твердые растворы, смешанные кристаллы, изоморфные смеси)

Кроме химических соединений постоянного состава, получаемых обычно в лабораториях с использованием чистых исходных компонентов, существует огромное множество таких соединений, состав которых не является постоянным, а колеблется то в узких, то в более широких пределах, причем эти колебания состава не могут быть объяснены наличием каких-либо механических примесей посторонних веществ. Наоборот, колеблющийся состав соединений с кристаллохимической точки зрения находит объяснение в растворимости составных компонентов в данном соединении.

Такие химические образования получили название соединений переменного состава.

Среди минералов соединения переменного состава составляют большинство. Существование веществ (фаз) переменного состава кажется вполне естественным, если речь идет о жидких растворах, состав которых определяется соотношением количеств растворенного вещества и растворителя. Таким образом, состав раствора колеблется в пределах от чистого растворителя до насыщенного раствора; он может быть любым из непрерывного множества возможных составов в пределах, зависящих от температуры и давления. Способность кристаллических веществ различного состава образовывать непрерывно меняющиеся по составу соединения одинаковой кристаллической структуры основана на изоморфизме, т. е. свойстве атомов различных элементов заменять друг друга в твердых химических соединениях.

Системы с изоморфными замещениями могут быть и более чем двухкомпонентными. В случае таких систем речь уже идет не о рядах, а о полях и целых областях изоморфной смесимости, как это характерно, например, для полевых шпатов (рис. 2) при высоких температурах, когда смешению подвергаются плагиоклазы и калиевые полевые шпаты.

Ионные радиусы в вертикальных группах Периодической системы элементов возрастают с увеличением порядкового номера и уменьшаются в горизонтальном направлении с увеличением номера группы (т. е. с увеличением валентности). На этом основании А. Е. Ферсманом выведен закон диагональных рядов изоморфных ионов в Периодической системе элементов, справедливый для левой ее части. Намечаются следующие гетеровалентные ряды изоморфизма ионов (в скобках показаны ионные радиусы в ангстремах):



Действительно, в природных соединениях нередко наблюдаются, что литиевые минералы, например, содержат изоморфные примеси магния, магниевые минералы — примеси скандия, натриевые — примеси кальция, кальциевые — примеси иттрия и т. д.

### 3.2.3 Водные соединения

К числу водных соединений следует относить только такие, которые в своем составе содержат электрически нейтральные молекулы воды.

В зависимости от того, каким способом удерживается вода в минералах, различают:

1. кристаллизационную, или связанную, воду, входящую в кристаллические структуры минералов;
2. свободную воду, не участвующую в строении самого кристаллического вещества.

Связанная вода в кристаллической структуре участвует в виде молекул Н2О, занимающих в ней строго определенные места. Количество молекул воды находится в простых отношениях к другим компонентам соединения. В качестве примеров можно привести следующие: Na2CO3 . 10H2O (сода), Ca[SО4] . 2H2O (гипс), Ni3[AsO4]2 . 8H2O (аннабергит), Аl2[РО4](ОН)3 . 5Н2О (вавеллит)



Это так называемые кристаллогидраты, которые, по Вернеру, должны рассматриваться как "комплексные соединения", т. е. такие, в которых молекулы воды как структурные единицы располагаются в определенной координации вокруг каких-либо ионов, создавая таким путем своего рода комплексные ионы.

Свободная вода, присутствующая в минеральных массах, характеризуется тем, что не принимает прямого участия в строении кристаллического вещества минералов. При нагревании она выделяется постепенно.

Различают три вида свободной воды:

1. цеолитную;
2. коллоидную;
3. гигроскопическую.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бетехтин А. Г. Курс минералогии: учебное пособие / А. Г. Бетехтин. — М. : КДУ, 2007. — 721 с: ил., табл.
2. М.П. Шаскольская "Кристаллография" - М, "Высшая школа", 1984.
3. Успенская М. Е, Посухова Т. В. "Минералогия с основами кристаллографии и петрографии" – М, Изд-во МГУ.
4. Булах А.Г. "Минералогия с основами кристаллографии" – М, Недра, 1989.