МИНЕРАЛОГИЯ

Курс лекций для студентов I курса
Специальности геология

Минералогия как наука

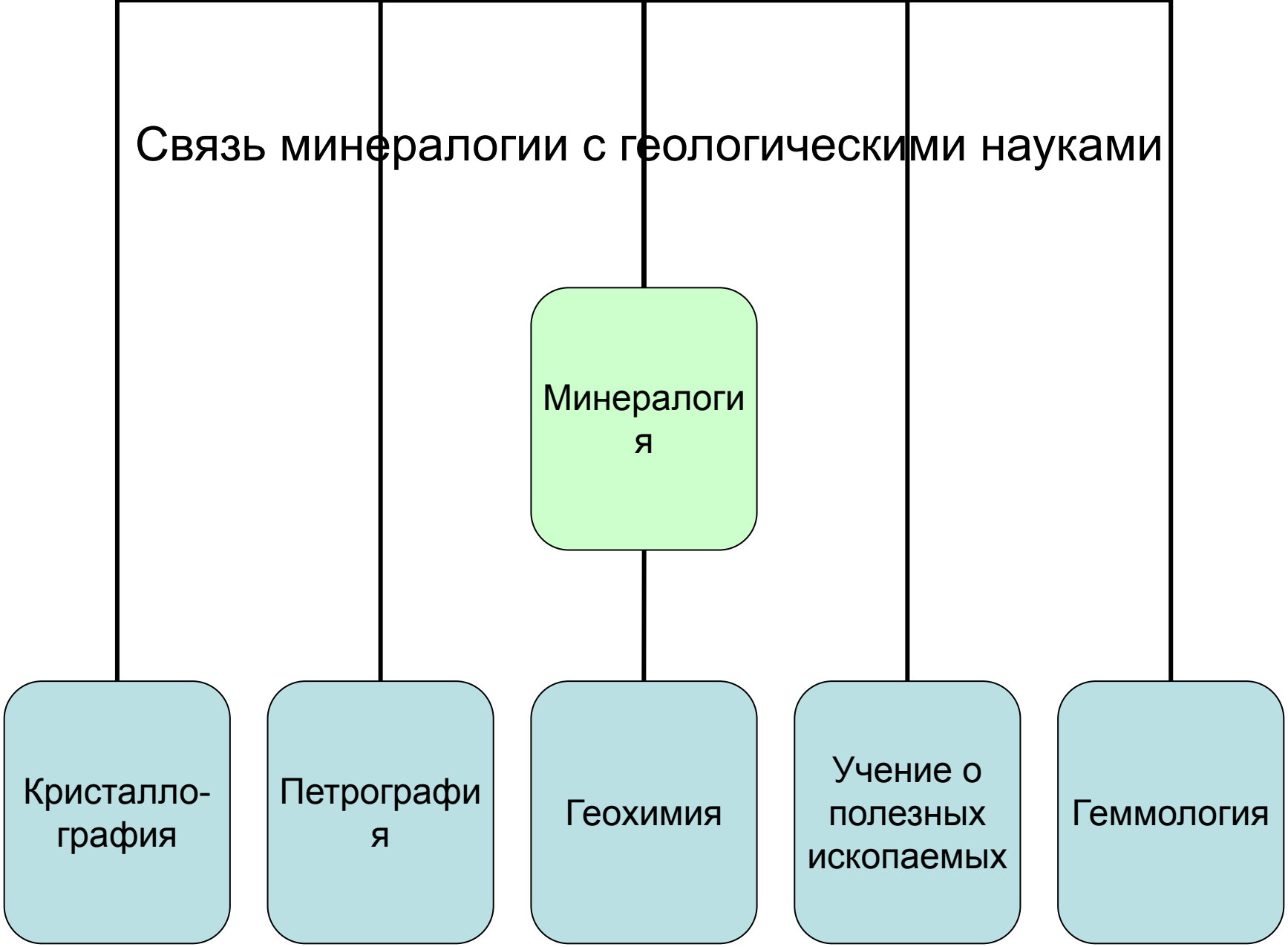
1. ***<u>Минералогия</u>*** — наука о минералах, их составе, строении, свойствах, условиях образования и изменения. Зародилась эта наука в глубокой древности в процессе практической деятельности, человека. О тесной связи минералогии и практики говорит само название науки: латинское слово **«minera»** в переводе означает руда, рудник, рудная жила.

2. До недавнего времени к минералам относили лишь продукты природных процессов, возникшие в земной коре и входящие в ее состав. Изучение космического пространства, сведения о котором мы получаем в виде метеоритов и образцов пород Луны, и мантии Земли позволило расширить понятие о минерале и объектах исследования минералогии.

Под *минералом* понимается продукт природных физико-химических процессов в земной коре или в космосе, обособленный от окружающей среды и обладающий определённым химическим составом и кристаллической решёткой.

- ***Предметом минералогии*** являются не только продукты природных процессов — минералы, а и сами *процессы,* при которых возникают или претерпевают различные изменения эти продукты. Следовательно, *минералогия является наукой,* ***восстанавливающей историю минералов****.* Она рассматривает и изучает минерал в его развитии и принадлежит к числу геологических наук, которые с разных сторон изучают неорганическое тело Земли.

Связь минералогии с геологическими науками



Деление минералогии:

- 1. минералогия земной коры:
- 2. минералогия мантии;
- 3. минералогия космоса;
- в зависимости от подходов к минералам в минералогии выделяются:
- 1) физика минералов
- 2) химия минералов
- 3) структурная минералогия
- 4) минералогическая кристаллохимия
- 5) генетическая минералогия
- 6) экспериментальная минералогия
- 7) прикладная минералогия
- 8) региональная минералогия
- 9) систематическая минералогия.

Конституция минералов

- Под ***конституцией минералов*** понимают химический состав и внутреннее строение минералов, которые взаимосвязаны между собой и являются важнейшими свойствами минералов.
- Конституция минералов определяется составляющими минералы структурными единицами (атомами и ионами).
- При образовании минералов его структурные единицы стремятся к ***симметричному расположению*** и определённой ***координации***, что приводит к образованию трёхмерных периодических структур, выраженных в виде ***пространственных кристаллических решёток***.
- Пространственная решётка состоит из ***элементарных ячеек*** со свойственными им «постоянными» решёток – a_o, b_o, c_o , β, ά, γ.

- Элементарная ячейка для каждого минерала является типичной и из неё закономерным путём периодического повторения можно построить весь кристалл минерала с его внешними свойствами и формами.

Химический состав и свойства минералов

- В состав минералов входят почти все химические элементы таблицы Менделеева, однако их участие в составе минералов неодинаковое.
- Наряду с главными элементами, определяющими самостоятельность минерального вида, имеются элементы, входящие в минерал лишь в качестве примесей. Так, например, кремний (Si) образует более 400 минералов, примесями могут быть Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Cr.
- В настоящий момент не известны минералы образованные рубидием(Rb)и гафнием (Gf).

Минералы – химические соединения

I. Гомоатомные соединения

В случае образования минерала из одного химического элементf они называются ***гомоатомные***. К ним относятся минералы типа простых веществ и самородных элементов. Например *золото, серебро, платины, алмаз*, и т.п. эти минералы имеют специфические свойства:

- инертность в отношении химического взаимодействия с другими элементами. Они как правило химически устойчивые в условиях земной поверхности;
- практически всегда имеют примеси, хоть в небольших количествах (доли %);
- в структурном отношении они в большинстве своем кристаллизуются в кубической сингонии.

В результате соединения нескольких химических элементов образуются минералы различного состава, среди которых особенно развиты простые, комплексные и двойные соли

II. Простые соли (бинарные соединения)

- ***Простые соли*** в большинстве представляют собой бинарные соединениями, т.е. соединения в состав которых входят только два элемента (катион и анион). ***Катионы*** в них могут образовывать соединения с различными ***анионами.*** Например: с серой – сульфиды (FeS_2) с хлором – хлориды (NaCl) , с фтором – фториды (CaF_2)
- Среди них встречаются такие, у которых несколько катионов соединены с определенным анионом (халькопирит - $CuFeS_2$, перовскит - $CaTiO_2$).
- Эти соединения также рассматриваются как бинарные: у которых сумма положительно заряженных частиц (+) находится в строгом соответствии к сумме отрицательно заряженных частиц (-).

III. Комплексные соединения

- Комплексные соединения – наиболее распространены в природе минералов. Они характеризуются определенными радикалами, т.е. группами атомов с отрицательной валентностью, которые участвуют в химических реакциях как одно целое;
- Главными радикалами являются: силикаты-SiO_4, фосфаты-PO_4, карбонаты-CO_3, сульфаты-SO_4, нитраты-NO_4;
- Радикалы являются комплексными анионами и присоединяют при образовании минералов количество катионов, необходимое для компенсации отрицательной валентности. В комплексных анионах малые высоковалентные катионы, окружены большими низковалентными анионами. Например: в силикатах - очень мелкие ионы кремния (Si) окружены крупными атомами кислорода (O);
- Комплексные анионы представляют собой в кристаллической решетке самостоятельные анионные группы с небольшим координационным числом центрального катиона. Прочность валентной связи между центральным катионом комплекса и окружающими его анионами больше, чем между этими анионами и катионами расположенные вне комплекса. Например: для кальцита внутри группы заряд углерода равен +2, а КЧ=3, т.е. прочность связи между С и О выражается отношением 4/3, в то время как вне комплекса заряд кальция =2, а координационное число = 6, т.е. прочность связи между Са и О = 2/6 (1/3).
- Внутри комплекса прочность связи всегда >1.
- Комплексные анионы по сравнению с простыми ионами выделяются большой величиной своих радиусов. Например: радиус сульфат-иона (SO_4)=2,95А, а радиус О=1,32 А;
- В минералогии в качестве комплексных ионов встречаются почти исключительно радикалы простых кислородных кислот.

IV. Двойные соли

- Двойные соли - пользуются широким развитием в минеральном мире. Они представляют собой соединения, содержащие два или более типов катионов, занимающих в кристаллической решетке особые места.
- Обычно кислородный радикал у обеих солей бывает одинаков, например: доломит – $CaMg[CO_3]_2$, но также бывают двойные соли с различными кислотными радикалами: каинит – $KCl*Mg[SO_4]*3H_2O$. .
- Наиболее склонными к образованию двойных солей оказываются катионы, обладающие наибольшей основностью, уменьшающейся с увеличением заряда катиона и уменьшением размера ионного радиуса.
- Наиболее активные катионы обладают наибольшим ВЭКом, к ним относятся щелочные металлы К+, Na+ и т.д.
- Понятие ВЭКа был введён А.Е.Ферсманом в середине 50-х годов прошлого века.
- ВЭК – средний пай энергии, вносимый данным ионом в кристаллическую решётку, отнесённый к единице валентности.

Формулы минералов.

- Состав минерала обозначается химической формулой, которая условно отражает качественную и количественную характеристику слагающих минерал элементов.
- Формулы минералов могут быть ***эмпирическими и структурными***.
- Эмпирические формулы выражают **количественный состав** минералов и не дают представления о сочетаниях и связях составляющих минерал элементов;
- Структурные формулы не только дают представление о химическом составе, но и позволяют судить о типе химического соединения и о взаимных связях между отдельными элементами.
- Формулы минералов составляются по данным валового химического анализа и выражаются в %.
- При сокращённом написании структурных формул близко связанные друг с другом атомы выделяют в группы посредством круглых скобок, а радикалы – квадратные скобки. Например: форстерит – $Mg_2[SiO_4]$, каолинит – $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$.
- Молекулы воды в кристаллогидратах пишутся в конце формулы Например: гипс -$Ca[SO_4]*2H_2O$.
- Если в формуле есть дополнительные анионы OH, и др. они ставятся перед радикалом Например: апатит - $Ca_5(F,Cl,OH)[PO_4]_3$.
- Изоморфные группы заключаются вместе в круглые скобки и отделяются друг от друга запятыми, причем элементы присутствуют в большом количестве пишутся впереди.
- Например: сфалерит - (Zn, Fe, Mg, Cu, Ge, Yn, Tl,) S.

Координационное число

- Число атомов (ионов противоположного знака), составляющих ближайшее окружение данного атома (иона), называется его координационным числом (Кч), а геометрическая фигура, получающаяся при соединении центров этих атомов (ионов) прямыми линиями – его координационным многогранником (Км).
- Например: 1. структура поваренной соли (NaCl): Кч(Na) – 6, КМ (Na) – октаэдр.
- 2. структура алмаза (C): Кч -4, КМ – тетраэдр.
- 3. структура флюорита (CaF_2): Кч(Ca) – 8, КМ (Ca) – гексаэдр, Кч (F)– 4,
- КМ (F)– тетраэдр.
- В структурах одному и тому же координационому числу могут соответствовать различные координационные многогранники.
- Например:

Кч		КМ
1	-	точка
2	-	гантель
3	-	треугольник
4	-	тетраэдр (квадрат)
6	-	октаэдр (тригональная призма)
8	-	гексаэдр
12	-	кубооктаэдр.

Формы нахождения воды в минералах

- **Вода** – существенная составная часть многих минералов. Кроме этого процессы минералообразования происходят непосредственно в водной среде, при разных температурах (гидротермальные воды), в которых вода является растворителем и переносчиком минеральных веществ в ионном или коллоидном виде.
- Вода в минералах может быть трех типов: кристаллизационной, цеолитной и адсорбционной.
- ***1) Кристаллизационная (конституционная, координационная) вода*** – вода, содержащаяся в минералах в виде молекулы H_2O, является следствием их гидратации.
- Минералы содержащие кристаллизационную воду, принято называть кристаллогидратами. В соответствующих формулах вода фигурирует целыми молекулами, H2O.
- Например: $Ca(SO_4)*2H_2O$ – $Ca(SO_4)*0,5H_2O$ – $Ca(SO_4)$
- гипс(монокл. с.) алебастр ангирит (ромб. с.)
- Прочность связи кристаллизационной воды в отдельных кристаллогидратах весьма различна. В большинстве случаев выделение кристаллизационной воды происходит при температуре до 300 С
- Признаки: 1) строгое положение в кристаллической решетке;
- 2) строгое количество молекул H_2O в формуле минерала.
- Выделение кристаллизационной воды сопровождается разрушением кристаллической решетки с образованием безводного соединения или кристаллогидрата с промежуточным количеством воды.

- ***2) Цеолитная вода*** – имеет место в так называемых цеолитах – минералах класса силикатах, которые имеют ячеисто – каркасное строение кристаллической решётки.
- Например: п/к каркасные силикаты – натролит, анальцим (группа цеолитов)
- . В пустотах этого каркаса и располагаются молекулы H2O. При нагревании или под давлением эта вода свободно выходит из каркаса, при этом кристаллическая решетка не разрушается благодаря тому, что молекулы воды не принимают непосредственного участия в построении структуры минерала.
- Удаленная цеолитная вода, может быть легко восстановлена минералом.
- ***3) Адсорбционная вода*** – представляет собой молекулы H2O, которые благодаря силе поверхностной энергии минерала механически притягиваются к его поверхности.
- Содержание адсорбционной воды постоянно изменяется. Она удаляется из минералов, главным образом до температуры 110 С, при этом кристаллическая структура минерала не разрушается.
- Например: гидрогётит – FeO(OH)*2H2O в процессе дегидратации превращается в безводный гидроксид железа – гётит FeO(OH)

Различают следующие типы адсорбционной воды:

- ***А) межплоскостная вода*** – характерна для силикатов со слоистым строением кристаллической решетки.
- Каждый пакет слоистой структуры может иметь небольшую мощность с двумя, тремя или четырьмя листочками и значительное протяжение вдоль слоя. Такой двухмерный слой адсорбирует воду всей поверхностью, и в структуре минерала его слои чередуются со слоями адсорбированной воды. В результате адсорбции воды или ее потери решетки минерала разбухает или сжимается но не разрушается. Например: монтмориллонит – $(AL, Mg)_2*(OH)_2[Si_4O_{10}]*nH_2O$, решётка которого при поглощении воды разбухает, что приводит к значительному увеличению объёма минерала.
- Увеличение расстояния между слоями в периоде C_o – в 3 раза (от 9,6 до 28,9А).
- ***Б) вода включений*** – захороненные остатки минералообразующей среды в различного рода пустотах минерала.
- По подсчетам В.И. Вернадского, на долю воды находящейся во включениях в минералах, приходится около 0,1 всей массы воды океанов.
- Эта вода по существу является механически включённой в минералы, но в отличии от обычной адсорционной воды может быть выделена только при более высоких температурах, так как она выполняет ультрамикроскопические пустоты и при этом разрушается структура минералов.
- В минералогии существует термогравиметрический метод исследования воды в минералах, основанный на измерении потери массы минерала при его нагревании. Например: СТА -409 Luxx, прибор выпускаемый немецкой фирмой Netch.