

## Лекция 6

### ЭНДОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

План лекции:

Общие сведения.

Классификация минералов.

Генезис и парагенезис минералов.

#### 1. Общие сведения

**Минералогия** изучает во взаимной связи состав, кристаллическое строение, свойства минералов, их условия образования (начиная с зарождения, роста и разрушения) и практическое использование.

Минералогия является одной из основ материального развития общества во все времена. В настоящее время минеральное сырье составляет 70% всех видов сырья, используемых промышленностью. Нет ни одной отрасли промышленности, которая бы не использовала минеральное сырье.

По некоторым оценкам, для обеспечения жизни только одного человека расходуется около 25 вагонов минерального сырья, лишь одной соли (галита) человек за свою жизнь съедает около полутонны.

**Объектами** минералогии являются не только минералы – продукты природных процессов, но и сами процессы, при которых возникают или претерпевают изменения эти продукты

**Минералы** - это природные кристаллические химические соединения, состоящие из одного элемента или из закономерного сочетания элементов (реже самородные элементы), однородные по физическим и химическим свойствам, образующиеся в результате физико-химических и биологических природных процессов, происходящих на Земле и других космических телах.

В настоящее время известно более 2 500 минералов (не считая разновидностей).

Название многих минералов, как уже указывалось, дано по характерным для них физическим свойствам: облику кристаллов, цвету, блеску, магнитности и пр. Ряд других названий минералов отражает их химический состав, например: куприт ( $\text{Cu}_2\text{O}_3$ ), цинкит ( $\text{ZnO}$ ), барит ( $\text{BaSO}_4$ ), вольфрамит -  $[(\text{Mn}, \text{Fe})\text{WO}_4]$ , никелин ( $\text{NiAs}$ ), молибденит ( $\text{MoS}_2$ ), кальцит ( $\text{CaCO}_3$ ) и др.

Многие названия минералов даны по географическому признаку (по месту их открытия): ильменит (Ильменские горы - на Урале), арагонит (Арагона - на севере Испании), андалузит (Андалузия - на севере Испании), атакомит (Атакама - пустыня в Чили), везувиан (Везувий - вулкан в Италии), пеннин (Пеннинские Альпы), мусковит (Муска - старинное итальянское название Москвы) и другие.

В многочисленных названиях увековечены имена крупных ученых, первооткрывателей тех или иных минералов, поэтов и др. Таковы, например, вернадит (в честь В.И. Вернадского), ферсманит (в честь А.Е. Ферсмана), шеелит (в честь химика Шееле, открывшего впервые вольфрам), гетит (в честь Гете, поэта и ученого) и многие другие.

Подавляющая масса минералов - это твердые соединения, обладающие кристаллическим строением, определенными химическими и физическими свойствами. Но к определению минерала имеется ряд допущений:

К минералам относят некоторые скрытокристаллические и аморфные природные вещества (опал  $\text{SiO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , лешательерит- кварцевое стекло, аллофан  $m\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O}$ , хризоколл  $\text{Cu}_4 [\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  и др.), которые исторически относятся к царству минералов.

К усложненным формам минералов относят капельки жидкой самородной ртути, иногда находимые в месторождениях киновари.

Различные синтетические продукты, близкие по свойствам, составу и структуре к минералам, называются синтетическими (имеются природные аналоги) и искусственными (нет природных аналогов) минералами. Это полученные в лабораторных условиях кварц, корунд, слюда, а так же техногенные продукты, образованные, например, в ходе самовозгорания терриконов, химических превращений захороненных отходов производства.

Задачи минералогии:

Выявление новых видов минерального сырья и увеличение числа минералов, используемых промышленностью (всестороннее изучение физических и физикохимических свойств минералов, открытие в известных минералах ценных элементов-примесей).

Развитие поисковой минералогии (разработка минералогических методов поисков).

Развитие генетической минералогии (изучение закономерностей образования и распределения минералов в разных геологических системах).

Развитие технологической минералогии (разработка интенсификации и комплексности использования минерального сырья).

Развитие технической минералогии (изучение синтетических минералов и полиминеральных продуктов технологических процессов).

Развитие геммологии (исследования драгоценных и поделочных камней). Развитие методов минералогических исследований.

Технологическая минералогия объединяет все минералогические исследования, связанные с:

изучением технологических свойств минералов, разработкой рациональных схем их обогащения, комплексным использованием минерального сырья.

Задачи технологической минералогии:

минералогическое и минералого-технологическое картирование рудных полей и месторождений полезных ископаемых с целью оценки запасов полезных компонентов (в т.ч. попутных) в извлекаемой минеральной форме, технологические прогнозирование, планирование добычи и стабилизации минерального состава руды, поступающей на обогатительную фабрику; изучение технологических свойств минералов, слагающих руды (электрических, магнитных, плотностных, поверхностных, ионообменных, гранулометрических и морфологии рудных минералов, их тонких структурных особенностей, растворимости в воде и в водных

растворах электролитов при различных значениях pH и т.д.); разработка методов направленного изменения состава, структуры и свойств минералов путём радиационного, термического (обжиг), акустического (ультразвук) и прочих воздействий с целью повышения извлечения полезных компонентов при обогащении и сортности концентратов, а также улучшения их вскрытия при химикометаллургическом процессе; текущий минералогический контроль состава концентратов на действующих горно-металлургических предприятиях и разработка рекомендаций по оптимизации технологических режимов с целью повышения сквозного извлечения конечных продуктов в металлургическом процессе.

## 2. Классификация минералов.

В основу современной классификации минералов положены принципы, учитывающие наиболее существенные признаки минеральных видов - химический состав и кристаллическую структуру.

Классы минералов выделяют по их химическому составу, в соответствии с классами химических соединений. Классы, представленные большим числом минеральных видов с разнообразным кристаллическим строением, подразделяются на подклассы, различаемые по типу структуры кристаллической решётки. В соответствии с этим классификация может быть представлена в следующем виде:

- 1 класс - самородные. Кроме самородных металлов (Au, Ag, Cu), полуметаллов (As, Sb, Bi) и неметаллов (C, S), сюда условно относятся малораспространенные нитриды, карбиды, фосфиды, силициды.
- 2 класс - оксиды и гидрооксиды ( $O^{2-}$ ,  $OH^-$ ).
- 3 класс - галогениды, кроме хлоридов, фторидов, бромидов и иодидов относятся также окси- и гидрогалогениды ( $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $F^-$ ).
- 4 класс - карбонаты  $[CO_3]^{2-}$ .
- 5 класс - сульфиды и их аналоги - арсениды, антимониты, висмутиды, теллуриды, селениды. ( $S^{2-}$ ).
- 6 класс – сульфаты  $(SO_4)^{2-}$ .
- 7 класс - фосфаты и их аналоги – арсенаты, ванадаты  $[PO_4]^{3-}$ , бораты  $(BO_2)$ .
- 8 класс - силикаты, алюмосиликаты и их аналоги - боросиликаты, титаносиликаты, цирконосиликаты, бериллосиликаты  $(SiO_4)^{4-}$ .
- 9 класс - нитраты  $[NO_3]^-$ .
- 10 класс - молибдаты и вольфраматы  $[MoO_4]^{2-}$ .

1. Самородные элементы – к ним относятся минералы, каждый из которых сложен атомами какого-либо одного химического элемента. В целом общее весовое значение самородных элементов не превышает 0,1% массы земной коры.

В самородном состоянии в земной коре устанавливается свыше 30 химических элементов, главным образом металлов. Сюда же относятся ряд газов и редко встречающиеся элементы в жидком состоянии (ртуть, некоторые амальгамы). В самородном виде встречаются следующие элементы: азот, кислород, водород, углерод, сера, медь, висмут,

фтор, хлор, железо, кобальт, никель; группа благородных металлов (Au, Ag, Pt, Ru, Rh, Pd, Os, Ir); группа благородных газов (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn), полуметаллы (As, Sb, Bi).

Некоторые из самородных элементов обладают сильной химической инертностью. Они не вступают в соединения с кислородом и другими химическими элементами или легко восстанавливаются из этих соединений в земной коре.

Золото самородное Au — в мельчайших выделениях встречается в различных горных породах, широко распространено в россыпях, в зоне окисления месторождений.

Как известно, золото является основным валютным и денежным металлом. Расходуется также на украшения, предметы роскоши, в приборостроении и другие цели.

Самый крупный в мире золотой самородок был найден в середине 19 века в австралийском поселке Балалат. Вес самородка "Плита Хольтермана" - 97 кг чистого золота. По некоторым данным, в XI веке в южной части Афганистана, в провинции Зарубан, был найден самородок золота размером "локоть на локоть". В переводе на современную меру масса такого самородка должна составлять около 2,5 тонн. Однако за давностью лет надежных подтверждений этой уникальной находке нет.

В России самый крупный золотой самородок был обнаружен в 1862 году на Урале. Самородок "Большой треугольник" весом 36,2 кг обнаружил на Царево-Александровском прииске мастеровой Николай Сюткин. В настоящее время "Большой треугольник" в числе других уникальных золотых и платиновых самородков хранится в Алмазном фонде в Москве.

В нашем крае в устье р. Тарча, притоке р. Чибижек, был найден самородок «Бычья голова» весом 32 кг.

В Хабаровском крае в 2008 г. старатели артели "Амур" нашли уникальные образцы рудного золота, вес самого крупного самородка - 33 кг. Уникальный природный слиток пополнил Алмазный фонд России.

Серебро самородное Ag — встречается в сетчатых, волосистых, проволочных, ветвистых формах, реже в неправильно развитых кристаллах. Самородное серебро встречается исключительно в коренных месторождениях, по преимуществу в жилах.

Серебро применяется главным образом в сплавах с медью для выделки серебряных изделий, монет и др. Чистое серебро употребляется для филигранных работ, для серебрения, для получения химических соединений и других целей.

Медь самородная Cu - самородная медь встречается в виде пластинок, губчатых и сплошных масс, нитевидных и проволочных агрегатов, кристаллов, сложных двойников, скелетных кристаллов и дендритов. Поверхность часто покрыта плёнками "медной зелени" (малахит), "медной сини" (азурит), фосфатов меди и других продуктов её вторичного изменения. Цвет характерный красно-жёлтый, блеск металлический, ковкая, спайности нет, излом крючковато-неровный. В кислотах легко растворяется, при добавлении аммиака раствор окрашивается в глубокий синий цвет.

Применение меди как металла общеизвестно - в электронике, машиностроении, изготовлении различных приборов, посуды и т.д.

Сера самородная S обычно образует усечённо-дипирамидальные, реже дипирамидальные кристаллы, а также плотные скрытокристаллические, сливные, зернистые агрегаты, порошковатые и землистые массы, налёты и примазки. Для кристаллов характерны множественные параллельные сростания. Самородная сера жёлтого цвета, при наличии примесей - жёлто-коричневая, оранжевая, бурая до чёрной; содержит включения

битумов, карбонатов, сульфатов, глины. Кристаллы чистой серы прозрачны или полупрозрачны, сплошные массы просвечивают в краях. Блеск смолистый до жирного.

Главное применение сера имеет в производстве серной кислоты, используемой во многих отраслях промышленности; используется в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями, в резиновом производстве (процесс вулканизации каучука), при изготовлении спичек, красок, пиротехники.

Самородная платина Pt встречается в виде листочков, чешуек, зерен, иногда в самородках. Хорошо образованные кристаллы попадаются редко и всегда мелкие. Из самородков самыми крупными считаются один, принадлежащий Горному институту, весом 10 фн. 56 зол., а другой — г. Демидову; весом 23 фн. 48 зол. Оба найдены на Урале. Самородная платина. содержит в себе в виде примеси железо (от 5 до 13%), небольшие количества иридия, родия, палладия, осмия и меди. Платина добывается исключительно из россыпей, и долгое время коренные месторождения ее не были известны. Почти вся платина, находящая себе различные применения, добывается в России.

Первое практическое применение этому металлу уже в середине XVIII в. нашли фальшивомонетчики. Плотность платины около 21,5 г/см<sup>3</sup> и с золотом и серебром она хорошо сплавляется. Пользуясь этим, стали подмешивать платину к золоту и серебру, сначала в украшениях, а затем и в монетах. До второй мировой войны более 50% платины использовалось в ювелирном деле. Из сплавов платины с золотом, палладием, серебром, медью делали оправы для бриллиантов, жемчуга, топазов.

Сейчас около 90% потребляемой платины используется в промышленности и науке. Кислотостойкость, термостойкость и постоянство свойств при прокаливании сделали платину совершенно незаменимой в производстве лабораторного оборудования (тигли, чашки, стаканы, электроды и др.). Платиновой посудой пользуются при особо точных и ответственных аналитических операциях.

Важнейшими областями применения платины стали химическая и нефтеперерабатывающая промышленность.

В качестве катализаторов различных реакций сейчас используется около половины всей потребляемой платины.

Группа углерода С представлена двумя резко различными по физическим свойствам полиморфным модификациям углерода.

Алмаз (от греч. «адамас» - непреодолимый). Разновидности: 1) борт - неправильной формы сростки и шаровидные лучистые агрегаты; 2) карбонадо - тонкозернистые пористые агрегаты, окрашенные в буровато-черный цвет. Облик кристаллов октаэдрический, редко кубический и изредка тетраэдрический. Грани кристаллов часто бывают выпуклыми и неровными. Размеры отдельных кристаллов варьируют от мельчайших до очень крупных, весящих несколько сот и даже тысяч карат (метрический карат = 0.2 г). Крупнейшие кристаллы весили в каратах: «Коллинан» - 3025, «Эксельзиор» - 969.5, «Виктория» - 457, «Орлов» - 199.6 и др.

Алмазы бывают водянопрозрачные или окрашенные в голубой, синий, желтый, зеленый, бурый и черный цвета. Разделяются на ювелирные и технические. Около 25% добываемых в мире алмазов используется в ювелирной промышленности для изготовления бриллиантов.

Обладая исключительно высокой твёрдостью, алмазы незаменимы для изготовления различных инструментов и приборов (буровые коронки и долота, свёрла, резцы, стеклорезы и т.д.). Широко используются для изготовления абразивных порошков и паст, для заправки

алмазных пил. Алмазным инструментом обрабатываются некоторые металлы, полупроводниковые материалы, керамика, строительные железобетонные материалы, хрусталь и др.

Графит. Разновидности: графитит - скрытокристаллическая разность, шунгит - аморфная разность. Хорошо образованные кристаллы встречаются крайне редко. Они имеют вид шестиугольных пластинок или табличек, иногда с треугольными штрихами на грани. Агрегаты часто тонкочешуйчатые, реже распространены шестоватые или волокнистые массы.

Графит применяется в литейном деле, в производстве карандашей, электродов, графитовых тиглей и др.

2. Оксиды и гидроксиды. Данный класс включает соединения металлов и металлоидов с кислородом и гидроксильной группой (ОН)-. Общее весовое количество оксидов и гидроксидов составляет 17% от массы земной коры. Из них 12,6% падает на долю оксидов кремния, 3,9% - на долю оксидов железа. На оставшиеся 0,5% приходится в порядке убывания оксиды и гидроксиды алюминия, хрома, марганца, олова и других металлов. Всего известно около 200 оксидов и гидроксидов. Подавляющая их масса сосредоточена в самых верхних частях земной коры, на границе ее с атмосферой, содержащей свободный кислород.

Оксиды не растворимы в азотной кислоте и обладают высокой твердостью. Наиболее твердыми являются оксиды алюминия, бериллия, кремния и магния (>7). Высокой твердостью (5-6) обладают оксиды олова, железа, титана, ниобия, марганца, ванадия. Остальные оксиды чаще всего имеют среднюю (3-5) твердость. Гидроксиды обладают средней и низкой твердостью. Оксиды кремния, магния, алюминия чаще всего бесцветны или окрашены посторонними примесями в любые другие цвета. Они обычно прозрачны или полупрозрачны и имеют стеклянный блеск. Оксиды олова, тантала, ниобия, тория, циркония и титана полупрозрачны, окрашены в бурый цвет и имеют алмазный блеск. Оксиды железа, марганца, хрома, урана чаще всего окрашены в черный с буроватым оттенком цвет. В большинстве случаев они непрозрачны, имеют повышенные магнитные свойства, металлический или полуметаллический блеск.

3. Галогениды – это соединения галогенов (Cl, F, Br, J) со щелочными и щелочноземельными элементами. С химической точки зрения относящиеся сюда минералы представлены солями кислот: HF, HCl, HBr и HI. Соответственно, среди галогенидов выделяют фториды, хлориды, бромиды и иодиды. Всего известно 92 природных галогенида. Из них 50 минералов приходится на долю хлоридов, 25 - фторидов, остальные 17 минералов относятся к бромидам и иодидам серебра, встречающимся крайне редко.

Галогениды обычно бесцветны или белые. Небольшие примеси железа, марганца и меди вызывают пеструю зеленую, желтую, красную и голубовато-зеленую неравномерную окраску минералов. Минералам присуща низкая плотность, стеклянный блеск, прозрачность и полупрозрачность.

В отличие от легко растворимых хлоридов, бромидов и иодидов, фториды не растворимы в воде, обладают более высокой твердостью и плотностью при одних и тех же катионах.

Флюорит (плавиковый шпат)  $\text{CaF}_2$ . Название минерала («текучий») связано с его применением. В химической промышленности из флюорита получают фтор, искусственный

криолит для электрохимического производства алюминия и ряд фтористых соединений. В керамическом производстве флюорит используют для изготовления эмалей и глазурей.

Прозрачные бесцветные разновидности кристаллов флюорита применяются в оптике для изготовления линз.

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

Галит (каменная соль)  $\text{NaCl}$  (по-греч. «галос» - море) содержит  $\text{Na}$  39,4%,  $\text{Cl}$  60,6%. Кристаллы имеют кубический облик, для них характерны ступенчатые углубления на гранях кубов. Каменная соль обычно наблюдается в виде рыхлых или плотных кристаллически-зернистых корок или «пластин» на дне бассейнов. Чистые массы галита прозрачны и бесцветны или имеют белый цвет, часто (из-за примесей) имеют серый, желтый, красный, бурый или черный, иногда синий цвета.

Помимо того, что галит является важнейшим пищевым продуктом и консервирующим средством, он широко используется в химической промышленности для получения соляной кислоты, хлора, соды, едкого натрия и ряда солей. Кроме того, галит является исходным сырьем для получения металлического натрия.

3. Сульфиды – сернистые соединения металлов и полуметаллов. Химически это соли сероводородной кислоты ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Их общее весовое количество составляет около 0,15% земной коры. В основном это соединения железа с серой. На долю сернистых соединений других металлов приходится лишь 0,01%. Тем не менее, роль этих сульфидов как основных руд этих металлов (цинка, меди, свинца, серебра, сурьмы, висмута, никеля, кобальта, молибдена, ртути и других) очень велика. Всего в классе сульфидов в настоящее время насчитывается около 260 минералов. Но лишь около 20 из них широко распространены в природе и встречаются в больших количествах. Все они, за исключением сероводорода, находятся в природе в твердом состоянии.

Твердость сульфидов варьирует от 1 у молибденита до 6,5 у пирита, преобладают минералы с твердостью 2-4. Сульфиды обычно не прозрачны и обладают сильным металлическим блеском. Исключения составляют сфалерит и киноварь, имеющие алмазный блеск. Сульфиды, содержащие платину и мышьяк, имеют цвет от серебристобелого до оловянно-белого. Сульфиды железа и некоторые сульфиды меди обладают желтым цветом. Минералы серебра, свинца, иногда меди окрашены в свинцово-серый цвет.

4. Сульфаты – это соли серной кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). На сегодняшний день известно 162 сульфатных минерала. Главнейшими катионами служат: железо, калий, натрий, медь, магний, алюминий, кальций, барий и стронций.

5. Карбонаты представляют собой соли угольной кислоты ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), слабый раствор которой всем хорошо известен в виде обыкновенной газированной воды. Всего в настоящее время известно более 95 карбонатных минералов, которые составляют 1,7% от массы земной коры. Анион  $\text{CO}_3^{2-}$  в природных условиях дает устойчивые соединения с катионами двухвалентных металлов. Главнейшие из них – кальций, магний, железо. Реже встречаются карбонаты меди, цинка, свинца, марганца, стронция и других металлов.

6. Фосфаты – соли фосфорной кислоты. Широкое распространение в природе имеет лишь один минерал этого класса, а именно фосфат кальция – апатит.

7. Силикаты представляют собой с химической точки зрения природные соли кремниевой кислоты ( $H_4SiO_4$ ). Это наиболее распространённый в природе класс минералов. На их долю приходится 75% массы земной коры. Число силикатных минералов достигает 800. Химический состав силикатов сложный и непостоянный. Главными их компонентами являются следующие элементы: кремний, алюминий, магний, кальций, железо, марганец, бор, бериллий, калий, натрий, цирконий, титан, барий и др. Строение кристаллической решётки силикатов может быть весьма различным, что обуславливает чрезвычайное разнообразие их свойств. В связи с этим практикуется разделение класса силикатов на подклассы (островные, кольцевые, ленточные, цепочечные каркасные силикаты), различающиеся типом кристаллической структуры.

Кроме этого, в природе встречаются минералы, являющиеся представителями иных классов: нитраты, бораты, хроматы, вольфраматы, арсенаты, ванадаты и др. Подавляющее их большинство широкого распространения не имеет.

Диагностические свойства минералов и характеристика наиболее распространённых минеральных видов подробно рассматриваются в курсе практических занятий.

### 3. Генезис и парагенезис минералов

3.1. Генезис минералов. Понятие о генезисе минералов с развитием минералогии изменялось и до настоящего времени нет единого определения. Наиболее приемлемым является определение Д.П. Григорьева.

Под генезисом минералов мы будем понимать – образование минералов различными способами и в разных условиях в результате каких-либо геологических процессов.

Непосредственно образование минералов включает в себя физические процессы их возникновения, роста и изменения, совершающиеся при всяком способе минералообразования, в ходе любого геологического процесса.

В зависимости от генезиса минералы и их ассоциации характеризуются определенными генетическими признаками. Генетические признаки минералов и их ассоциаций – это такие особенности минеральных тел, агрегатов и индивидов, которые обусловлены условиями и способами их образования, и поэтому могут в совокупности указывать на генезис.

Некоторые признаки минералов не определяются полностью конституцией минерала, а зависят от условий минералообразования – это и есть генетические признаки. Эти признаки могут сильно отличаться для различных индивидов одного минерального вида. Такова форма, размер, внутреннее строение реальных кристаллов, структуры их агрегатов, пространственное расположение минералов, их совместное нахождение и т.п. Познание причин, определивших появление генетических признаков минералов и минеральных ассоциаций, требует специального исследования для каждого конкретного случая. Чем больше число генетических признаков минералов познано, тем более жесткие и четкие ограничения получают генетические модели минералообразования.

Изучение генетических признаков начинается с наблюдений геологических условий нахождения минеральных тел в горных породах или месторождениях полезных ископаемых для установления типа геологического процесса.

Сонахождение минеральных тел и агрегатов во вмещающих породах свидетельствует о том, что они образовались при одном геологическом процессе.



Некоторые минералы способны фиксировать условия, способы и время образования и поэтому своим присутствием могут указывать на генезис, они называются типоморфными минералами.

К типоморфным признакам минералов относят их морфологические особенности, химический состав, физические свойства, структурные признаки.

Геологические процессы образования минералов. В условиях земной коры образование минералов может происходить несколькими способами, различающимися характером среды минералообразования:

Путем кристаллизации природных силикатных расплавов, магм, при понижении их температуры ниже точки плавления. Именно таким способом образуется большинство минералов магматических горных пород.

Путем отложения минерального вещества из водных растворов. Природными растворами могут быть воды морей и океанов, озер и болот, подземные воды. Такие растворы могут быть горячими или холодноводными. Так образуются очень многие рудные минералы. Отложение минералов из растворов происходит вследствие изменения физико-химических условий — температуры, давления, концентрации растворов, кислотности — щелочности и окислительно-восстановительного потенциала среды.

Вследствие различных превращений, протекающих в твердом состоянии и имеющих диффузионный характер. Происходит глубокое преобразование ранее сформировавшихся минералов и пород вследствие изменения физико-химических условий (температуры, давления, концентрации химически активных компонентов). При этом почти все преобразования происходят в твердом состоянии, и в результате старые минералы замещаются новыми, устойчивыми в создавшейся термодинамической обстановке.

3.2. Парагенезис минералов. Основоположником современного учения о парагенезисе минералов является В.И. Вернадский, который в 1925 г. в книге «История минералов земной коры» парагенетической ассоциацией минералов называл совокупность минералов, образовавшихся при более или менее определенных и сходных для них физико-химических условиях.

Парагенезис минералов в агрегате — это явление закономерного сонахождения минералов, обусловленное их совместным образованием на одной стадии минералообразующего процесса в одинаковых физико-химических условиях.

Генерации минерала — это его разновозрастные индивиды, выделившиеся на разных стадиях (или подстадиях) минералообразования и отличающиеся своими типоморфными особенностями (составом элементов — примесей, цветом, обликом и т.д.). Т.е. генерации — это разные поколения одного минерального вида.

- 1 Абдулин А.А. Геология и минеральные ресурсы Казахстана. Алматы: Гылым, 2004.
- 2 Геологическое строение Казахстана / Бекжанов Г.Р., Кошкин В.Я., Никитченко И.И. и др. - Алматы: Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан, 2005.
- 3 Полезные ископаемые Казахстана: Объяснительная записка к Карте полезных ископаемых Казахстана масштаба 1:1 000 000 / Никитченко И.И. — Кокшетау, 2006.
- 4 Геология и минералогия Казахстана. Алматы: «Казгео», 2008.
- 5 Геонауки в Казахстане. Алматы: «Казгео», 2008.
- 6 Бекжанов Г.Р., Фишман И.Л. Прогнозные ресурсы и управление недропользованием в Казахстане. Алматы, 2012.

Ассоциированный профессор  
кафедры ГРМПИ: доктор PhD, к.т.н.

Маусымбаева Алия Думановна

Образовательная программа 7М07202 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

- 7 Бакенов М.М. Основы рудно-формационного анализа. Алматы, 2011.
- 8 Бакенов М.М., Отарбаев К. Геология полезных ископаемых Казахстана, Алматы, 2012.
- 9 Бакенов М.М. Нетрадиционные и новые виды полезных ископаемых Казахстана, Алматы, 2008.
- 10 Рельеф Казахстана (пояснительная записка к Геоморфологической карте Казахстана масштаба 1: 1 500 000). В 2 – х частях. – Алма – Ата: Гылым, 2011.
- 11 Бакенов М.М. Нерудные полезные ископаемые Казахстана, Алматы, 2009.
- 12 Бакенов М.М. Месторождения золота Казахстана, Алматы, 2008.
- 13 Сырьевая база алюминиевой промышленности Казахстана. Алматы: Академия минеральных ресурсов РК, 2006.
- 14 Сырьевая база черной металлургии Казахстана (железо, марганец, хром). Караганда

Ассоциированный профессор кафедры ГРМПИ: доктор PhD, к.т.н.

**Маусымбаева Алия Думановна**

Образовательная программа 7M07202 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»