

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

**Ю. В. Митько,
И. И. Шишкова**

**КРАТКИЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ
МИНЕРАЛОВ:
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ**

Практическое пособие

для студентов специальности 1–51 01 01
«Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2021

УДК 549.905(076)
ББК 26.311.000я73
М676

Рецензенты:

кандидат географических наук А. И. Павловский,
геолог службы литологии и стратиграфии
Центра обработки исследования и хранения керна
БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение
«Белоруснефть» В. В. Даниленко

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Митько, Ю. В.

М676 Краткий определитель минералов: генетическая минералогия : практическое пособие / Ю. В. Митько, И. И. Шишкова ; Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2021. – 41 с.
ISBN 978-985-577-793-0

В данном пособии приводятся основные аспекты генетической минералогии: среды, причины и способы минералообразования, а также описаны все генетические типы минеральных месторождений; краткий определитель минералов класса силикатов. Материал пособия направлен на формирование знаний и усиление изучения учебных коллекций минералов по дисциплине «Минералогия».

Адресовано студентам специальности 1–51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

УДК 549.905(076)
ББК 26.311.000я73

ISBN 978-985-577-793-0

© Митько Ю. В., Шишкова И. И., 2021
© Учреждение образования «Гомельский
государственный университет
имени Франциска Скорины», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	4
1 Генетическая минералогия.....	5
1.1 Среда минералообразования.....	6
1.2 Причины и способы минералообразования.....	8
1.3 Типы минеральных месторождений.....	9
1.4 Эндогенное минералообразование.....	11
1.4.1 Магматический этап минералообразования.....	12
1.4.2 Минеральные ассоциации пегматитов.....	14
1.4.3 Гидротермальное минералообразование.....	15
1.4.4 Скарны и грейзены.....	16
1.4.5 Метаморфическое минералообразование.....	18
1.5 Экзогенное минералообразование.....	19
1.5.1 Минералы коры выветривания.....	19
1.5.2 Обломочные осадочные месторождения.....	21
1.5.3 Хемогенные осадочные месторождения.....	22
1.5.4 Биогенные осадочные месторождения.....	22
2 Краткий определитель минералов (класс силикаты).....	24
Литература.....	41

ПРЕДИСЛОВИЕ

Минералогия – это наука о минералах, изучающая их состав, свойства, морфологию, особенности структуры, процессы образования и изменения минералов, закономерности их совместного нахождения в природе, а также условия и методы искусственного получения и практического использования. Минералогия является первым фундаментальным разделом наук петрографического цикла. Она тесно связана с литологией, петрографией, полезными ископаемыми, геохимией.

Минералогия включает изучение минералов и их происхождения, связи с ними различных рудных и нерудных полезных ископаемых, а также минерального состава и строения магматических, метаморфических и осадочных горных пород.

Целью практического пособия по дисциплине «Минералогия» является оказание помощи студентам в изучении минеральных видов, их физических и химических свойств, а также морфологии и генезиса.

В данном пособии приводятся основные аспекты генетической минералогии: среды минералообразования, причины и способы минералообразования, а также описаны все генетические типы минеральных месторождений. Приведен краткий определитель минералов класса силикатов.

Издание адресовано студентам 1 и 2 курсов специальности 1 – 51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

1 ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ

Генезис (от греч. «*genesis*») означает происхождение, возникновение, процесс образования (в нашем случае – образование минералов). В понятие генезис минералов входят как сведения о геологической обстановке, в которой образовался минерал, так и процесс его «жизни» (эволюции) – зарождение, рост, существование. Также сюда входят сведения об изменении и разрушении минералов.

Генетическая минералогия изучает генезис минералов в полном объеме этого понятия (геологические факторы и физико-химическая обстановка образования минералов, зарождение кристаллов, их рост, существование и разрушение).

Генетическая минералогия – один из самостоятельных и важнейших разделов современной минералогии. Она оформилась после работ В. И. Вернадского, который обращал внимание на роль процесса в минералогии. Он говорил, что минералогия призвана не только изучать результаты геологического и физико-химического процесса, т. е. минералы, а изучать сам процесс. Сам термин «*генетическая минералогия*» был введен в 1912 г. другим ученым А. Е. Ферсманом.

Минеральное месторождение – это определенное геологическое тело или единая группа геологических тел, характеризующихся закономерным минеральным составом и некоторыми специфическими процессами своего образования. В пределах месторождения каждый минерал может встречаться в виде разрозненной вкрапленности в горных породах, может образовывать в них систему гнезд (скоплений), линз, прожилков, может встречаться в виде сплошных жил и залежей разной формы.

Характер распределения минерала в месторождении, набор минералов-спутников и последовательность их кристаллизации определяются условиями образования месторождения. Часть минеральных месторождений имеет промышленную ценность, их называют месторождениями полезных ископаемых. Они подразделяются на рудные месторождения и месторождения нерудных полезных ископаемых.

1.1 Среда минералообразования

Физико-химические среды образования минералов и роста их кристаллов таковы: магма, водный жидкий раствор, газ, гетерогенные системы газ – жидкость, коллоидные растворы, твердые (кристаллические и аморфные) среды.

Магма по своей физико-химической сущности является не простым расплавом (как, например, вода по отношению ко льду, расплавленный сахар по отношению к кристаллическому сахару – в них состав жидкости полностью отвечает составу кристаллов). Магма – это особый раствор, вернее, раствор-расплав. Гранитная магма не точно тождественна гранитам и т. д. Магматический расплав – это силикатный (а поэтому вязкий и существующий только при определенных температурах) раствор, в нем, как в растворителе, существуют подобно водным растворам анионы и катионы, простые и комплексные, а также анионные группировки типа $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$, $n(\text{SiO}_3)^{2n-}$, $(\text{MgO}_6)^{10-}$, $(\text{CaO}_6)^{10-}$, $(\text{AlO}_4)^{5-}$, $(\text{SiO}_4)^{4-}$ и др. Это, как бы, готовые каркасы (скелетики) для кристаллизации. Кроме них, в магме имеются Н, S, Cl, F, С (форма их нахождения неясна), а также Na, K и др. Путем кристаллизации из магмы образуются главные породообразующие минералы магматических горных пород и некоторые руды в них (хромовые, железные, титановые и др.).

Водные жидкие растворы образуются за счет эндогенных и экзогенных процессов, первые называются гидротермальными, вторые – поверхностными (вадозными) растворами.

Имеется несколько источников H_2O в гидротермальных растворах.

1 Во-первых, это остывающие (застывающие) магматические очаги. При кристаллизации магмы от нее постепенно отделяются летучие вещества. Они поступают во вмещающие породы, конденсируются с образованием жидких минерализованных водных растворов.

2 Во-вторых, H_2O и CO_2 выделяются в глубинных зонах земной коры за счет реакций дегидратации и декарбонатизации глин, мергелей и других осадочных горных при процессах метаморфизма.

3 В-третьих, источником H_2O являются процессы дегазации мантии, выделение из нее углеводородов и их окисление при подъеме в более верхние горизонты земной коры с образованием H_2O и CO_2 . Реакции описываются следующей схемой: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Эти реакции идут с выделением тепла, сопровождаются разогревом флюидов и мощным прогревом окружающих пород.

4 Поверхностные воды. Исследования показали, что они могут мигрировать до глубины 500 м и более, разогреваясь и минерализуясь за счет извлечения веществ из горных пород на своем пути.

Источник растворенных в гидротермальных водах компонентов также различен. Часть растворенных выносится вместе с водой из магматических очагов, часть из дегазированной мантии, часть из вмещающих пород. Главной формой переноса веществ растворами являются комплексные ионы, например, медь переносится в виде $(\text{CuCl}_2)^-$ нейтральными или слабокислыми растворами и в виде $(\text{Cu}(\text{HS})_2)^-$ – щелочными; золото в виде $(\text{Au}(\text{HS})_2)^-$, $(\text{AuCl}_2)^-$, серебро – $(\text{AgCl}_2)^-$, $(\text{Ag}(\text{HS})_2)^-$, молибден – NaHMoO_4 , $(\text{HMoO}_4)^-$, KHMоO_4 .

Примеры минеральных месторождений, образовавшихся из гидротермальных растворов многочисленны, например, месторождения сульфидов – пирита, халькопирита, галенита и др.

Поверхностные водные растворы – это, во-первых, грунтовые, карстовые, почвенные воды, из них кристаллизуются, например, карбонаты – (кальцит и арагонит) в виде сталактитов и других образований в карстовых пещерах. Во-вторых, это озерные, морские, лагунные воды. Из них в процессе кристаллизации образуются, например, залежи каменной соли, гипса, некоторых разновидностей известняков.

Газ как среда кристаллизации относительно редок. Из вулканических газов кристаллизуются гематит, нашатырь NH_4Cl и некоторые другие минералы. Из газов нередко растут кристаллы льда. В природных геологических средах кристаллизация из газа возможна только при очень узком диапазоне давления воды при определенной температуре. Вода обычно является жидкостью и находится в надкритическом (флюидном) состоянии – это и не газ, и не жидкость. Условия, при которых возможна кристаллизация из газа, называются пневматолитовыми.

Гетерогенные системы (газ – вода, газ – водный раствор) образуются в особых случаях. Наиболее очевидны причины их образования в областях современной вулканической деятельности при просачивании горячих водных растворов (термальных вод) по системам трещин вверх. В какой-то момент внешнее давление окажется достаточно низким, чтобы началось испарение растворенных газов – CO_2 и др. Так же дегазируются воды минеральных источников.

Коллоидные системы являются средой для образования минералов в придонных илах и других осадках водных бассейнов и во

время их диагенеза. Так возникают различные глинистые минералы, гидроксиды алюминия и железа, часто для них характерно оолитовое строение минералов. Иногда раскристаллизация коллоидов происходит в горячей среде, например, случаи выпадения гелей кремниевого состава в термальных водах в областях современного вулканизма и раскристаллизация из них опала.

Твердые среды образования минералов могут быть аморфными и кристаллическими. Примером аморфной среды может служить раскристаллизация вулканического стекла. Для кристаллической среды возможны три типа явлений. Во-первых, это полиморфные превращения веществ: переход алмаза в графит, высокотемпературного кварца в низкотемпературный, ромбический арагонит (CaCO_3) в тригональный кальцит и т. п. Так возникают псевдоморфозы одной полиморфной модификации по другой (параморфозы). Во-вторых, это распад твердых растворов на смесь фаз, в-третьих – метамиктный распад радиоактивных минералов под действием собственного α -излучения.

1.2 Причины и способы минералообразования

Способом образования минералов называется процесс заполнения кристаллами того объема, который занят ими в минеральном месторождении. Так, выделяют свободную кристаллизацию, метасоматоз и перекристаллизацию.

Примеры свободной кристаллизации просты – это рост горного хрусталя в друзах, хотя здесь свободно растут только несоприкасающиеся части кристаллов. Примерами метасоматического образования минералов являются псевдоморфозы и выросшие в твердой зернистой массе кристаллов футляровидные кристаллы берилла и апатита, порфиробласты граната в гнейсе. Но эти примеры лишь частные случаи метасоматоза.

Термин «*метасоматоз*» впервые употребил К. Ф. Науманн в середине XIX в. для описания одной из разновидностей псевдоморфоз. Сущность этого явления была раскрыта В. Линдгреном (1933) как процесс практически одновременного капиллярного растворения одного минерала и отложения нового минерала, имеющего частично или полностью другой состав. Н. И. Наковник (1949) указал, что метасоматические замещения происходят не только через капилляры и пленочные растворы, но и сквозь кристаллическую решетку за счет диффузии

через нее ионов. Метасоматоз – важное геологическое явление, приводящее к образованию разнообразных по минеральному составу метасоматических пород и руд. Простейшим примером метасоматита и руды в нем является грейзен. Это кварц-слюдяной агрегат, образовавшийся на месте гранита под действием на него раствора глубинного происхождения за счет химических реакций. Одновременно в грейзены привносится олово, кристаллизующееся в виде оксида (касситерита) SnO_2 . Грейзены с касситеритом являются рудой на олово.

Перекристаллизация – это повторная кристаллизация новых кристаллов за счет старых без изменения химического состава. Она может происходить с укрупнением или с уменьшением размера зерна. При перекристаллизации может происходить изменение минералов (превращение одних минералов в другие), но общий химический состав горной породы (или агрегата минералов) остается неизменным (за исключением летучих компонентов). Так, вместо хлорита может кристаллизоваться биотит, вместо каолинита – мусковит, вместо оливина – серпентин и магнетит и т. д. Перекристаллизация может осуществляться в газообразном, жидком, твердом состояниях.

1.3 Типы минеральных месторождений

Минералы образуются в определенной обстановке, непрерывно или с перерывами, совместно с другими минералами или порознь, что объективно зависит от разных факторов. Также условны границы минеральных месторождений: они проводятся по некоторому, произвольно принимаемому пороговому содержанию каких-либо характерных минералов.

Существуют различные типы классификаций минеральных месторождений (по генезису, форме минеральных тел, масштабам минерализации, одноактности или многоактности процесса, по времени образования и т. д.).

Наиболее распространены классификации на генетической основе, но и эта основа может быть разной (по физико-химическому характеру среды, способам и химической обстановке минералообразования, по связи с разными геологическими процессами, по источникам вещества и т. д.). Это породило множество классификаций минеральных (в частности, промышленных) месторождений. Первая генетическая классификация месторождений, получившая

широкое признание, была создана В. Линдгреном в 1906 г., а последний ее вариант – в 1933 г. Последняя общая классификация минеральных (именно минеральных) месторождений была дана Е. К. Лазаренко (1979).

Рассмотрим упрощенную классификацию по В. И. Смирнову (1974) (таблица 1).

Таблица 1 – Генетическая классификация месторождений рудных полезных ископаемых по В. И. Смирнову

Серия	Группа	Класс	Подкласс
1	2	3	4
Эндогенная	Магматическая	Ликвационный Раннемагматический Позднемагматический	
	Пегматитовая	Простых пегматитов Перекристаллизованных пегматитов Метасоматически замещенных пегматитов	
	Карбонатитовая	Магматический Метасоматический Комбинированный	
	Скарновая	Известковых скарнов Магнезиальных скарнов Силикатных скарнов	
	Альбитит-грейзеновая	Альбититовый Грейзеновый	
	Гидротермальная	Плутоногенный Вулканогенный Стратиформный (телетермальный)	
	Колчеданная	Метасоматический Вулканогенно-осадочный Комбинированный	
Экзогенная	Выветривания	Остаточный Инфильтрационный	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
	Россыпная	Элювиальный Делювиальный Пролювиальный Аллювиальный Латеральный	Косовый Русловой Долинный Дельтовый Террасовый Озерный Морской Океанический
		Гляциальный	Океанический Моренный Флювиогляци- альный
	Осадочная	Механический Химический Биохимический Вулканогенный	
	Минеральных вод	Поверхностных Подземных	
Метаморфо- генная	Метаморфизо- ванная	Регионально- метаморфизованный Контактово- метаморфизованный	
	Метаморфическая	Метаморфический	

1.4 Эндогенное минералообразование

К *эндогенным процессам* относят процессы магмообразования в глубинных зонах земной коры и мантии. Сами процессы в этих областях недоступны нашему наблюдению. Изучать мы их можем только в районах современной вулканической деятельности. Кроме этого, изучение состава, структур, взаимоотношений различных магматических пород и связанных с ними месторождений полезных ископаемых дает нам представление о закономерностях, свойствах эндогенных процессов минералообразования.

1.4.1 Магматический этап минералообразования

К магматическим минеральным месторождениям относятся, прежде всего, сами магматические горные породы как естественные, закономерно образовавшиеся скопления минералов. При остывании магмы минералы выделяются из нее в последовательности, определяемой физико-химическими законами кристаллизации многофазных расплавов сложного состава. Их кристаллизация в глубинных условиях происходит при температурах около 1 300–700 °С, а излившихся лав – при 1 200–1 000 °С. Состав образующейся горной породы зависит от исходного химического состава магмы, в первую очередь от содержания SiO_2 . В целом, при магматическом минералообразовании возникает сравнительно небольшое число главных минералов, что определяется некоторыми особенностями магм – это около десяти силикатов (оливин, пироксен, роговая обманка, биотит, микроклин, ортоклаз, плагиоклазы, нефелин и др.) и кварц.

Кристаллы минералов, образующихся первыми, растут в магме в свободных условиях и поэтому часто обладают совершенной гранкой. Кристаллы силикатов имеют плотность, близкую к плотности расплава и так как расплав вязкий, то находятся во взвешенном состоянии и очень медленно оседают. В некоторых магмах на ранних стадиях их кристаллизации выпадают такие высокоплотные минералы, как силикаты магния и железа, рудные минералы – оксиды хрома и железа (хромит и др.), самородные платиноиды. Под действием силы тяжести они могут оседать и накапливаться в придонных частях магматических очагов, образуя рудные залежи. Такое явление называется дифференциацией магмы. Тяжелые металлы (Sn, W, Mo, Au, Ag, Pb, Zn, Cu и др.), присутствующие в магме в незначительных количествах, образуют с летучими компонентами (H_2O , CO_2 , S, F_2 , Cl_2 и др.) легко растворимые соединения и по мере кристаллизации магмы концентрируются в верхних частях магматических очагов. По мере раскристаллизации магмы остается все меньше возможностей для свободного роста кристаллов. Более поздние минералы выделяются из нее в виде полуогранных и неправильных зерен, заполняющих промежутки между более ранними минералами. Так постепенно формируется главный объем породы. В остающихся порциях еще не застывшей магмы (остаточных расплавах) могут значительно возрасти концентрации некоторых летучих (H_2O , CO_2 , F_2 , Cl_2 и др.) и некоторых малых компонентов: Cr, Fe, Ti, Ni – в магмах ультраосновного и основного состава; Nb, Ta, Sn, W, Mo – в магмах кислого состава; Zr, P, TR –

в щелочных магмах. За счет этих компонентов образуются позднемагматические руды разного минерального состава. Вокруг них окружающие (вмещающие) минералы сильно изменены из-за воздействия химически активных летучих компонентов остаточного расплава.

В процессе кристаллизации магм можно выделить раннемагматический, главный магматический и позднемагматический этапы, каждый из которых характеризуется своими особенностями образования минералов и их ассоциаций.

В *раннемагматический этап* могут формироваться хромовые, платиновые руды в ультраосновных горных породах. К раннемагматическим относятся хромовые, платиновые и медно-никелевые руды в платформенных массивах оливинитов, перидотитов и габбро, эти руды формируются здесь в результате особого процесса – ликвации магмы.

В *главный магматический этап* образуются сами горные породы, они также могут иметь практическую ценность. Во-первых, сами горные породы используются как строительный камень. Во-вторых, отдельные главные минералы в них являются объектом промышленной разработки, например, нефелин – руда на алюминий.

В *позднемагматический этап* образуются разные руды редких металлов – вольфрама, молибдена, олова, тантала, ниобия и другие, которые накапливаются в остаточных расплавах и кристаллизуются на гидротермально-пневматолитовой стадии магматического процесса. На этой стадии происходит формирование жильных пород, обогащенных рудными минералами: молибденитом, вольфрамитом, шеелитом и др. Собственно говоря, это уже начинается гидротермальная стадия минералообразования, которая тесно связана с магматическим процессом. В позднемагматический (и послемагматический) этапы проявляются процессы интенсивного изменения минералов под действием межзерновых водных растворов – последний конденсат остывающего расплава. Эти процессы наглядно проявлены в ультраосновных породах, они выражаются в замещении собственно магматических минералов: оливина и пироксенов (силикатов магния и железа) серпентином и тальком (гидросиликатами магния и железа). По существу, происходит процесс перекристаллизации под действием гидротермальных растворов, которые образовались непосредственно в расплаве.

Рудные месторождения магматического происхождения встречаются лишь в ультраосновных и основных магматических породах. Это месторождения Cr, Pt и других металлов платиновой группы, Cu, Ni,

Co, Fe, Ti. В богатых щелочами магматических интрузивных породах (нефелиновых сиенитах) встречаются месторождения редких земель, ниобия, тантала, титана и циркония, а также неметаллических полезных ископаемых – фосфора (апатита), глиноземистого сырья (нефелина) и др.

1.4.2 Минеральные ассоциации пегматитов

Главная масса пегматитовых образований, возникающих в глубинных условиях, связана с гранитами и нефелиновыми сиенитами. *Пегматиты* представляют собой чаще всего небольшие тела неоднородного, часто зонального строения. Пегматиты являются более поздними образованиями по отношению к вмещающим их гранитам. Они нередко залегают в виде типичных жил. Реже наблюдаются столбообразные и линзообразные тела. По строению среди пегматитов различают тела с симметричным расположением зон и с несимметричным зональным строением. Пегматиты издавна привлекали к себе внимание тем, что в их пустотах иногда встречаются друзы с хорошо образованными крупными кристаллами дымчатого кварца, топаза, турмалина, берилла и других драгоценных и полудрагоценных камней. Особый интерес представляют графические сростания полевого шпата и кварца. Обычные пегматиты состоят в основном из тех же минералов, что и материнские породы, но представлены необычайно крупнозернистыми агрегатами. Кроме обычных минералов гранитов или нефелиновых сиенитов в пегматитах в небольших количествах наблюдаются минералы, содержащие редкие элементы (Li, Be, Sr, Rb, Cs, Y, редкие земли, Nb, Ta, Zr, Hf, U, W и др.), а также летучие (F, B, Cl и др.).

А. Е. Ферсман предложил следующее деление пегматитов по минеральному составу:

1 *Топазо-берилловые пегматиты* (Волинская область, Украина, Средний и Южный Урал). Обычно тела пегматитов такого состава имеют симметрично-зональное или зональное строение. В центральных частях их имеются друзовые пустоты, сложенные крупными кристаллами кварца и микроклина. На стенках пустот растут бледноокрашенные топазы, бериллы (аквамарины), пластинчатые образования альбита, лепидолит, турмалин, изредка касситерит, минералы Nb, Ta и др.

2 *Турмалино-мусковитовые пегматиты* (распространены в Мамско-Витимском районе). Эта разновидность пегматитов важна

в промышленном плане. Характеризуются простым строением без микроскопических пустот. Часто эти пегматиты залегают в гнейсах и слюдяных сланцах. Важным является присутствие в таких пегматитах крупных скоплений мусковита. Кроме этого присутствует черный турмалин, в небольших количествах апатит, гранат, ортит, монацит, рутил, сульфиды, берилл, апатит и другие минералы.

3 *Редкометалльные пегматиты* (Южный Урал). Содержат большое количество четных минералов с Nb, Ta, Ti, Zr, Th, U, Y, редких земель, Sn, W и др. – таких, как колумбит, танталит, ильменит, рутил, циркон и множество др.

4 *Литиевые пегматиты* (Южный Урал). Это пегматиты, содержащие повышенное количество минералов лития, марганца, цезия и кальция – сподумен, лепидолит, розовый, красный, синий или зеленый турмалин, розовый берилл, спессартин и др.

5 *Нефелин-сиенитовые пегматиты* (Ильменские горы), в отличие от гранитных пегматитов, не содержат кварца и обычно сложены микроклином, нефелином, нередко обогащены биотитом, лепидомеланом, в меньших количествах присутствует эгирин, альбит, содалит, канкринит, циркон, апатит, иногда сфен, ильменит, лампрофиллит, эвдиалит и др.

1.4.3 Гидротермальное минералообразование

Гидротермальные образования представлены небольшими телами, чаще всего жилами. Образуются такие жилы в трещинах, ослабленных зонах, разломах, в результате кристаллизации минералов из горячих растворов (температуры до 400 °С и ниже), после завершения собственно магматического процесса (кристаллизации расплава), и генетически с ним связаны. Для гидротермальных жил застывающие интрузии являются источником тепла и гидротермальных растворов. Также гидротермальные растворы (растворенные химические элементы) могут проникать из более глубоких частей земной коры и даже мантии по глубинным разломам. Кроме того, вещество в растворы также попадает из вмещающих осадочных пород, что делает минеральный состав гидротермальных образований очень разнообразным.

Подавляющая масса гидротермальных месторождений генетически связана с интрузиями кислого состава и образуется в условиях средних и малых глубин (максимальная глубина – первые километры). Строение гидротермальных жил часто сложное и неоднородное.

Наряду с жилами простого строения и симметричной зональностью (закономерной сменой минеральных парагенезисов от периферии жилы к центру), чаще гидротермальные образования имеют сложное строение.

Это связано с тектонической деятельностью района, постепенным или периодическими приоткрываниями трещин, дроблением, сжатием и др. Многостадийность минерализации приводит к появлению в одной и той же жиле минералов разного возраста, разного состава. Наложение новых минеральных парагенезисов выражается либо в образовании разновозрастных, иногда пересекающихся прожилков в ранее отложенном материале, либо брекчий, в которых обломки ранних минеральных образований цементируются более поздними.

В гидротермальных месторождениях распространены минералы таких важнейших для промышленности элементов, как цветные металлы – Cu, Pb, Zn; редкие металлы – W, Sn, Mo, Ni, Co, Bi, As, Sb, Hg, Te; благородные металлы – Au и Ag; радиоактивные металлы – U; отчасти редкие земли и иногда черные металлы – Fe и Mn. С некоторыми гидротермальными месторождениями связаны нерудные полезные ископаемые – тальк, асбест, флюорит, барит, магнезит, исландский шпат (кальцит), алунит и др.

Главная масса металлогенных элементов концентрируется в виде сульфидов, арсенидов, в меньшей степени в виде самородных металлов (Ag, Au, Bi, Cu, As, Sb, Te), отчасти в виде кислородных соединений (Sn, W, Fe, Mn и др.).

Главная масса гидротермальных жил сложена обычно почти сплошным кварцем. При этом сульфидсодержащие кварцевые массы содержат многочисленные пустоты выщелачивания и трещинки, заполненные продуктами окисления сульфидов (лимонитом, медной зеленью, медной синью и др.).

Гидротермальные рудные месторождения характеризуются широким разнообразием минеральных ассоциаций, которые зависят, в первую очередь от состава гидротермальных растворов и состава вмещающих пород.

1.4.4 Скарны и грейзены

Скарны образуются на контакте силикатных интрузивных пород, чаще всего кислого состава – гранитов, гранодиоритов и других, и карбонатных вмещающих пород – известняков или доломитов. Согласно современным представлениям, в зоне контакта под воздействием гидротермальных и пневматолит-гидротермальных

растворов образуются своеобразные реакционные породы, отделяющие силикатные магматические образования от карбонатных осадочных. При этом происходит изменение и карбонатных, и силикатных пород. Измененные силикатные интрузивные породы называются *эндоскарнами*, а измененные карбонатные – *экзоскарнами*. Глубина образования скарнов колеблется от нескольких сот метров до первых километров. Форма скарновых тел часто соответствует границе контакта, но в случае тектонических нарушений, разломов, зон трещиноватости скарновые тела имеют весьма причудливые очертания и могут располагаться на значительном удалении от контакта. Мощность скарновых тел различна – от десятков до сотен метров. В зависимости от состава карбонатных пород различают известковые скарны – контакт с известняками, и магнезиальные – контакт с доломитами. Часто со скарнами связаны рудные шеелитовые кварцевые жилы.

Для экзоконтактовых скарнов характерна особая ассоциация минералов, богатых кальцием силикатов Mg, Fe, Al: гранатов – андрадита, пироксенов – геденбергита; магнетита, гематита. Иногда образуются волластонит, датолит, скаполит, шеелит и др.

Эндоконтактовые скарны характеризуются присутствием безжелезистых, но богатых кальцием и более бедных кремнеземом силикатов: основных плагиоклазов (вплоть до анортита), пироксена – диопсида, граната – гроссуляра; везувиана и др.

Со скарнами связаны многие важные полезные ископаемые: магнетит (гора Магнитная, Высокая, Благодать и др. на Урале), вольфрамит, шеелит и молибденит, медные, реже свинцово-цинковые руды. Образование сульфидных руд отвечает позднему низкотемпературному этапу скарнообразования. Иногда наблюдается наложение более поздних сульфидных руд на более ранние магнетитовые руды и высокотемпературные скарны.

Грейзены также являются типично метасоматическими породами. Чаще всего они образуются в краевых (апикальных) частях гранитоидных интрузий под воздействием более поздних пневматолит-гидротермальных растворов. При воздействии кислотных растворов из пород выщелачиваются основания, а взамен образуется кварц. Полевые шпаты под воздействием растворов полностью или частично разлагаются на светлую слюду (чаще всего мусковит или циннвальдит) и кварц. Также часто в грейзенах могут присутствовать топаз, флюорит.

Из рудных минералов грейзены могут в промышленных количествах содержать касситерит, молибденит или вольфрамит, что

делает грейзены важными рудными объектами (месторождениями редких металлов). Кроме указанных минералов в грейзенах могут присутствовать пирит и гематит, которые не имеют здесь практического значения.

1.4.5 Метаморфическое минералообразование

Метаморфизм – это преобразование (перекристаллизация) магматических или осадочных пород в результате изменившихся условий давления и температуры при воздействии растворов. Наиболее широко распространен на Земле региональный метаморфизм. Огромные территории щитов древних платформ и геосинклиналей сложены регионально-метаморфическими породами. Образование таких пород связывают с погружением больших масс на большую глубину, что может происходить при разнообразных тектонических процессах. В этих условиях весьма существенно меняется минералогический состав пород, а также их внешний облик. Породы часто приобретают сланцеватое строение, минералы располагаются параллельно друг другу, перпендикулярно преобладающему давлению.

Минеральный состав метаморфических пород зависит от состава исходного материала (осадочного или магматического), а также очень сильно зависит от давления и температуры. В зависимости от физико-химических условий метаморфизма – глубины (давления), температуры, состава метаморфизирующих растворов и состава исходных пород – образуются самые разнообразные по составу кристаллические сланцы: богатые полевым шпатом гнейсы, слюдяные сланцы, амфиболиты, тальковые, хлоритовые сланцы, а также серпентиниты, мраморы, кварциты.

Метаморфизованными называют месторождения, которые образовались ранее (например, осадочные месторождения марганца, железа) и были преобразованы в процессе метаморфизма. Осадочные месторождения железа и марганца в процессе метаморфизма претерпевают существенные изменения. Устойчивые в экзогенных условиях коллоидальные гидроксиды превращаются в безводные соединения, например, лимонит и гётит – в гематит и магнетит; псиломелан и манганит (гидроксиды марганца) – в браунит и гаусманит, а в присутствии кремнезема – в силикаты марганца – родонит и марганцевые гранаты и др. Во многих метаморфизованных месторождениях сохраняется первичное осадочно-слоистое

сложение пород, при боковом давлении слои могут собираться в мелкие складки. Как новообразования часто распространены хорошо образованные кристаллы граната (альмандин и др.), кордиерита, ставролита, дистена, андалузита и др. Типичным примером метаморфизованных месторождений являются железистые кварциты.

Метаморфическими называются месторождения, которые возникли при процессах метаморфизма, а до этого промышленного интереса не представляли. Таких месторождений мало, но они очень типичны, т. к. сложены рудными минералами исключительно метаморфического генезиса. К таким месторождениям относятся: дистеновые (огнеупорное сырье), корундовые (абразивное сырье) из кристаллических сланцев. Промышленное значение имеют месторождения граната (альмандина) как абразивное сырье, встречаются в слюдяных сланцах. Очень характерны также месторождения графита, возникающие при метаморфизме каменных углей.

Очень интересными метаморфическими образованиями являются жилы альпийского типа, возникающие в толщах регионально метаморфических пород при растяжении (образовании складок). В крупных друзовых полостях («хрустальных погребах») этих жил встречаются прекрасно ограненные кристаллы кварца, обладающего пьезоэффектом, хлорита, эпидота, актинолита, адуляра, альбита, рутила, сфена, кальцита и др. Характерно, что в этих жилах развиваются те же минералы, что и в составе вмещающих метаморфических пород. Это указывает на то, что их образование происходило одновременно с метаморфизмом пород при участии тех же метаморфизирующих растворов.

1.5 Экзогенное минералообразование

1.5.1 Минералы коры выветривания

Процесс выветривания – типично экзогенное явление, приводящее к образованию тонкодисперсных минеральных образований, которые возникают в результате сложных реакций с O_2 , CO_2 , воздухом и H_2O , а также в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. Все эти реакции приводят к разложению минералов до кашеобразного (пылеобразного) состояния. В первую очередь разлагаются те минералы, которые содержат в своем составе элементы в низших степенях валентности

(Fe^{2+} в сидерите и пироксене, S^{2+} в сульфидах, др.), или элементы, способные давать с CO_2 легкорастворимые бикарбонаты (например, Na^+ и K^+ в плагиоклазе, Mg^{2+} в оливине, серпентине и др.). При окислении происходит гидролиз растворимых солей с выпадением гидроокислов сильно поляризующих катионов с малыми размерами ионных радиусов (Fe^{3+} , Al^{3+} , Si^{4+} , Mn^{4+} и др.).

Состав накапливающихся в коре выветривания минералов в первую очередь зависит от исходного состава пород и руд. При этом химически стойкие минералы не разрушаются, а механически накапливаются в коре выветривания, а при размыве переносятся и скапливаются в россыпях. К устойчивым минералам относятся: кварц, магнетит, гематит, корунд, шпинель, хромшпинелиды, ильменит, рутил, касситерит, апатит, монацит, шеелит, циркон, топаз, турмалин, дистен, андалузит, киноварь, самородное золото, платиноиды, алмаз и др.

Наиболее интенсивные процессы химического разложения минералов наблюдаются в зоне выветривания сульфидных руд. Характерным является то, что сульфиды при окислении сначала переходят в соли серной кислоты: $\text{FeS} \rightarrow \text{FeSO}_4$, $\text{PbS} \rightarrow \text{PbSO}_4$ и др. Происходит перенос металлов. Но при этом надо учитывать, что сульфаты различных металлов растворяются по-разному. Разные типы сульфидных месторождений будут содержать в зоне окисления различный набор минералов.

Легко разрушаются карбонаты двухвалентных железа и марганца, образуя гидроксиды. Также легко разрушаются и силикаты марганца (родонит, манганит, браунит и др.), они также переходят в гидроксиды четырехвалентного марганца: пиролюзит и псиломеланы, образуя марганцевые шляпы.

За счет выветривания силикатных пород могут возникать новые месторождения, имеющие площадное значение. На месте кислых пород богатых глиноземом и бедных железом в условиях умеренного климата возникают каолиновые залежи, а при латеритном выветривании в условиях влажного и жаркого климата – бокситы (гидроксиды алюминия). В условиях интенсивного выветривания основных и ультраосновных пород разлагаются и силикаты железа (серпентины, хлориты, гранаты, пироксены, амфиболы и др.) с образованием рыхлых бурых железняков. Если присутствовало много силикатов с Ni, Co, то образуются никелевые силикатные руды, содержащие ревдинскит, гарниерит, галлуазит, никель- и кобальтсодержащие гидросиликаты марганца – асболаны и др. (месторождения Южного Урала). Кремнезем, высвобождаясь из силикатов, переходит в коллоидный раствор, частично

дает новые минералы в виде нонтронита, галлуазита (ниже зоны «железной шляпы»), а частично выпадает в виде халцедона и опала.

Следует сказать, что в корях выветривания могут образовываться очень разнообразные минералы: гипс, арагонит, кальцит, ярозит, самородная сера (при разложении гипса), различные фосфаты, а в сухих районах в виде выцветов – селитра, квасцы и другие легко-растворимые сульфаты, карбонаты и галоидные соединения различных элементов.

1.5.2 Обломочные осадочные месторождения

Типичными представителями осадочных обломочных пород (механических осадков) являются пески и песчаники, состоящие главным образом из окатанных зерен кварца и, иногда, значительных количеств полевых шпатов. Изредка в них присутствуют обломки раковин, глауконит, а из аксессуарных – магнетит, циркон, рутил, апатит, турмалин, гранат и др. Цементом между зернами в песчаниках обычно служит глинистое вещество, реже карбонаты (кальцит), еще реже гидроокислы железа и марганца. В грубозернистых песчаниках и конгломератах роль обломков играют гальки горных пород.

Обломочные, горные породы образуются на дневной поверхности и в подводных условиях в результате следующих явлений:

- 1) физического выветривания пород;
- 2) перемещения по склону разрушенных продуктов;
- 3) переноса материала, его сортировки и отложения водными потоками рек;
- 4) разнота и сортировки материала морскими волнами и прибрежными течениями;
- 5) переработки и переноса материала ветром;
- 6) действия ледников и флювиогляциальных потоков.

Если размыву подвергаются месторождения полезных ископаемых, содержащие химически устойчивые минералы (золото, алмазы, платиноиды, касситерит, рутил и др.), то механические осадки в случае перебива обогащаются ценными минералами и образуют речные или прибрежные россыпи. Основными факторами, которые способствуют накоплению минералов в россыпях, являются: механическая прочность, плотность и химическая стойкость минералов.

1.5.3 Хемогенные осадочные месторождения

Среди хемогенных осадочных пород выделяют два типа минеральных месторождений – образовавшиеся из истинных и коллоидных растворов.

Месторождения, возникшие за счет истинных растворов, формируются в условиях сухого климата пустынь и полупустынь в бассейнах повышенной и высокой солености в результате испарения воды. Так, испарение рассолов приводит к кристаллизации минеральных солей – хлоридов и сульфатов натрия, калия, магния, кальция. Такие месторождения представляют собой слои минеральных солей, чередующиеся со слоями гипса, ангидрита, терригенно-карбонатных пород. Площадь распространения соленосных толщ измеряется от десятков и сотен до многих тысяч квадратных километров, мощность бывает от нескольких метров до многих сотен метров. Точно так же из истинных растворов выпадают осадки хемогенного доломита, родохрозита $MnCO_3$, сидерита $FeCO_3$, содовых минералов, селитр, боратов.

Коллоидно-химические осадки образуются за счет коагуляции коллоидных растворов. Воды рек приносят в бассейны седиментации огромное количество веществ не только в виде истинных, но и в виде коллоидных растворов. В виде мицелл переносятся мельчайшие частицы глинистых минералов, кремнезема, некоторых соединений железа, марганца, фосфора, органического вещества, причем на поверхности таких мицелл адсорбируются катионы многих редких и рассеянных элементов.

Значительная часть коллоидов, выносимых реками, попадая в морскую воду, преобразуется за счет нейтрализации заряда мицелл. Происходит свертывание и укрепление коллоидальных частиц, а коллоидные растворы переходят из золей в гели и выпадают в виде студенистого природного осадка. Часть вещества коллоидов оседает сразу же в прибрежной области моря, но коллоиды оксидов железа (особенно в присутствии гумусовых соединений) имеют повышенную устойчивость и в большом количестве доносятся течениями до центральной части морских бассейнов. Как коллоидно-химические осадки образуются некоторые железистые и марганцевые руды, бокситы и др. Часто для них характерно оолитовое сложение.

1.5.4 Биогенные осадочные месторождения

Биогенные минеральные месторождения формируются в верхних зонах земной коры за счет накопления и последующего преобразования органоминеральных агрегатов или за счет биохимических явлений.

Это типичные месторождения биосферы, но с точки зрения минералогии эти процессы описаны.

Органоминеральные агрегаты создаются в живых организмах или возникают при их участии; в них все минеральные индивиды кристаллизуются как результат жизни клеток и разъединены органическим веществом. Классическим примером таких агрегатов являются кости высших позвоночных. Они состоят из тончайших волокон, которые, в свою очередь, сложены цепочками вытянутых кристаллов гидроксилапатита ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_2(\text{CO}_3\text{OH})(\text{OH})$), каждый длиной до 10 нм, разделенных белковыми (коллагеновыми и др.) волокнами. На долю гидроксилапатита приходится до 70 % костной ткани, на белковые перегородки – менее 30 %. Другой классический пример – перламутр и жемчуг в раковинах моллюсков, состоящие из слоев кристаллов арагонита и кальцита, разделенные органическим веществом конхиалином.

В целом к таким органоминеральным соединениям относятся кости позвоночных и зубы животных (минеральная фаза – апатит и другие фосфаты), раковины моллюсков (арагонит, кальцит, апатит), твердые ткани фораминифер, кораллов и других кишечнополостных, трилобитов и других членистоногих, иглокожих, некоторых водорослей (во всех главными являются арагонит и кальцит), кремневые (опаловые) скелеты и твердые ткани планктонных организмов, радиолярий и диатомовых водорослей.

Также ушные камни животных (минералы – барит, гипс, арагонит, кальцит, флюорит и др.), скорлупа яиц разных животных (кальцит – главная минеральная фаза). Всего же в составе древних и современных животных и растений обнаружено около 80 минералов и среди них даже такие обычные для эндогенных высокотемпературных месторождений, как, например, магнетит.

За счет органоминеральных агрегатов отмерших организмов образуются осадочные горные породы и минеральные месторождения органического происхождения – известняки, фосфориты, кремневые породы (трепелы, опоки, радиоляриты). В ходе диагенеза первичные минералы органоминеральных соединений обычно перекристаллизуются и значительно видоизменяются. В породах появляются новые минералы.

Биохимические явления приводят к образованию несколько иных минеральных месторождений. В ходе них формируются скопления фосфатов за счет химического взаимодействия помета птиц и летучих мышей (гуано) с воздухом и подстилающими породами, скопления селитры и фосфатов за счет химического преобразования птичьего

помета, образуются минералы в составе мумий. К биохимическим явлениям относится участие бактерий в образовании некоторых минералов и их месторождений – самородной серы, оксидов и гидроксидов марганца, бурого железняка. Велика роль бактерий при окислении сульфидных руд и формировании на их месте новых минералов, при превращении каолиновых масс в бокситы.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Перечислите среды минералообразования.
- 2 Назовите причины и способы минералообразования.
- 3 Какие минералы характерны для магматического этапа?
- 4 Какие минералы характерны для пегматитов?
- 5 Какие минералы характерны для гидротермального этапа?
- 6 Какие минералы характерны для скарнов и грейзенов?
- 7 Какие минералы характерны для метаморфического этапа?
- 8 Какие минералы характерны для кор выветривания?
- 9 Какие минералы характерны для осадочного этапа?
- 10 Классификация минералов с названиями классов и примерами минералов.

2 КРАТКИЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ (КЛАСС СИЛИКАТЫ)

Силикаты – наиболее распространенный и разнообразный класс минералов (до 800 видов). В основе систематики силикатов лежит кремнекислородный тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$. В зависимости от структуры, которую они образуют, соединяясь друг с другом, все силикаты делятся на: островные, кольцевые, цепочечные, ленточные, листовые и каркасные.

В составе катионов в силикатах наиболее часто присутствуют: Mg, Fe, Mn, Al, Ti, Ca, K, Na, Be, реже Zr, Cr, V, Zn редкие и радиоактивные элементы. Необходимо отметить, что часть кремния в тетраэдрах может замещаться Al и тогда минералы относят к алюмосиликатам. Сложный химический состав и разнообразие кристаллической структуры в сочетании дают большой разброс показателей физических свойств. Даже на примере шкалы Мооса видно, что твердость у силикатов от 1 до 9. Спайность от весьма совершенной до несовершенной.

Задание

Пользуясь теоретическим материалом из первой части пособия, литературой и кратким определителем минералов (класс силикаты), по приведенной ниже схеме опишите в тетради для практических работ все имеющиеся в коллекции образцы минералов.

Схема описания образцов минералов:

- 1) номер, название и химическая формула минерала;
- 2) цвет минерала;
- 3) цвет черты;
- 4) блеск;
- 5) спайность;
- 6) твердость;
- 7) химические свойства и важные признаки;
- 8) морфология агрегатов;
- 9) условия образования;
- 10) практическое значение и применение.

Таблица 2 – Краткий определитель минералов класса силикаты

Номер образца	Название и химическая формула минерала	Краткое обозначение минерала	Условия образования минерала	Практическое значение и применение
1	2	3	4	5
ОСТРОВНЫЕ СИЛИКАТЫ				
201	Оливин (Mg,Fe) ₂ [SiO ₄]	Ol	Типичный глубинный высокотемпературный минерал. Он распространён во многих видах метеоритов (палласитах), в мантийных породах, в магматических и высокотемпературных метаморфических и метасоматических породах. Породообразующий минерал ультраосновных магматических пород	Используются в ювелирном деле; применяется для изготовления огнеупорных кирпичей и как магниальное удобрение
202	Гранаты: пироп Mg ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ альмандин Fe ²⁺ ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ спессартин Mn ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ гроссуляр Ca ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ андрадит Ca ₃ Fe ³⁺ ₂ [SiO ₄] ₃ уваровит Ca ₃ Cr ₂ [SiO ₄] ₃	Grt	Входят в состав некоторых магматических пород (перидотиты и кимберлиты), гранитных пегматитов, многих метаморфических пород (гнейсы и кристаллические сланцы), известковых и магниальных скарнов ультрамафитовых гидротермальных образований. При выветривании гранаты переходят в россыпи	Применяются в абразивной (гранатовые шкурки, порошки и точильные круги) и строительной промышленности (добавки в цемент и керамические массы), иногда как заменитель сапфира и рубина в приборостроении, в электронике; используются в ювелирном деле

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
203	Циркон $Zr[SiO_4]$	Zr	Магматический, встречается в гранитах, сиенитах и других породах, обычен в пегматитах. При выветривании вмещающих его пород концентрируется в россыпях	Циркон является основным минералом-источником циркония и гафния; используется при производстве огнеупоров; используются в ювелирных украшениях (гиацинт, жаргон)
204	Титанит (сфен) $CaTi[SiO_5]$	Ttn	Чаще всего он содержится в кислых и щелочных породах, вулканического происхождения (сиенит, гранит, андезит). Скапливается преимущественно в пегматитах и россыпях	Потенциальный рудный минерал титана. Прозрачные разновидности довольно редки, они используются как полудрагоценные камни
205	Топаз $Al_2[SiO_4](Fe,OH)_2$	Toz	Типичный минерал грейзенов и гранитных пегматитов. Встречается также в гальке россыпей	Полудрагоценный камень
206	Кианит (дистен) $Al_2[SiO_4]O$	Ku	Формируется за счет метаморфизма осадочных толщ, насыщенных глиноземом: древних кор выветривания, полевошпатовых песчаников. Условия метаморфизма: от эпидот-амфиболитовой до гранулитовой фации	Используется для производства различных огнеупорных изделий и фарфора
207	Диоптаз (аширит) $Cu_6[Si_6O_{18}] \cdot 6H_2O$	Dpz	Типичный гипергенный минерал, встречается в кальцитовых жилах в зонах окисления медносульфидных месторождений. Кроме того, изредка встречается в некоторых россыпях	Используется в эксклюзивных ювелирных изделиях в виде вставок из необработанных кристаллов или кристаллических щёток

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
209	Ставролит $\text{FeAl}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_2$	St	Типичный минерал средних ступеней регионального метаморфизма глинистых осадков. Широко распространен в метаморфических породах. Является обычным минералом россыпей и терригенно-обломочной фракции осадочных пород	Практического применения минерал не имеет. Прозрачные разновидности иногда используются как драгоценные камни, а крестообразные двойники – как ценный коллекционно-декоративный материал и амулеты
211	Эпидот $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Fe}[\text{SiO}_4]_3(\text{OH})$	Ep	Образуется как продукт изменения основных пород при контактовом метаморфизме и в альпийских жилах	Поделочный камень
	Фенакит $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$	Fen	Встречается в гранитных и топазово-морионовых пегматитах в виде вросших в породу кристалликов; наблюдается в ассоциации с морионом, дымчатым кварцем	Прозрачные кристаллы используются в ювелирном деле
	Андалузит $\text{Al}_2[\text{SiO}_5]$	And	Имеет метаморфическое происхождение, встречается в породах, образовавшихся в результате контактового и регионального метаморфизма. Также образуется как магматический минерал в пегматитах и гранитах. Встречается в гидротермальных кварцитах. Известен как минерал контактового метаморфизма в бедных щелочами глинистых сланцах	Применяется для производства высокоглиноземистых огнеупоров и тонкокерамических изделий (пирометрических трубок, изоляторов)

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
	Силлиманит $\text{Al}_2\text{O}_3[\text{SiO}_2]$	Sil	Как высокотемпературный контактово-метаморфический минерал встречается часто непосредственно на контакте с изверженными породами и даже в самих изверженных породах. Встречается также в кристаллических сланцах как более ранний минерал	Извлекается в комплексный дистен-силлиманитовый концентрат, применяемый для изготовления высококачественных огнеупорных изделий
	Везувиан $\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4 \times$ $\times [\text{OH}_4(\text{SiO}_4)_5 \times$ $\times (\text{Si}_2\text{O}_7)_2]$	VeZ	Гидротермальный минерал, типичный для скарнов, где ассоциирует с гранатами, а также для базальтовых туфов и ультрамафитов	Поделочный камень
	Гемиморфит (каламин) $\text{Zn}_4[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Gmf	Вторичный минерал, образуется в зонах окисления свинцово-цинковых сульфидных месторождений	Руда на цинк
	Ортит $(\text{Ca,Ce,La,Y})_2 \times$ $\times (\text{Al,Fe})_3[\text{SiO}_4]_3(\text{OH})$	Ort	Встречается главным образом в кристаллических силикатных породах: гранитах, гнейсах, сиенитах, кристаллических сланцах	Является рудой редкоземельных металлов и тория
КОЛЬЦЕВЫЕ СИЛИКАТЫ				
215	Берилл $\text{Al}_2[\text{Be}_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})]$	Brl	Наиболее характерен для гранитных пегматитов и грейзенов, а также в связанных с ними кварцевых жилах и гидротермальных образованиях	Используются как драгоценные камни в ювелирном деле
217	Турмалин (шерл) $\text{Na}(\text{Li,Al})_3\text{Al}_6 \times$ $\times [(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3 \times$ $\times (\text{Si}_6\text{O}_{18})]$	Tur	Происхождение эндогенное, высокотемпературное, пегматитовое, метаморфическое, гидротермально-метасоматическое	Применяют в радиотехнике; некоторые разновидности – драгоценные камни, другие – поделочные

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
218	Эвдиалит $\text{Na}_4(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{Fe}, \text{Mn})_2 \times$ $\times \text{Zr}[\text{Si}_6\text{O}_{17}](\text{OH}, \text{Cl})_2$	Evd	Имеет магматическое происхождение и встречается в агпаитовых нефелиновых сиенитах и в их пегматитах	Используется как второстепенный компонент в составе комплексных циркониевых руд, иногда в качестве руды редкоземельных элементов; в ювелирном деле как поделочный камень
	Кордиерит $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_4[\text{Si}_5\text{O}_{18}]$	Cor	Образуется в условиях контактного метаморфизма за счёт горных пород, богатых алюминием и магнием	Ценный коллекционный минерал. Прозрачные разновидности употребляются в качестве драгоценного камня
ЦЕПОЧЕЧНЫЕ СИЛИКАТЫ				
223	Эгирин $\text{NaFe}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Aeg	Типичен для щелочных интрузивов и связанных с ними пегматитов. Известен в некоторых щелочных гранитах; метаморфического происхождения в глаукофан-рибекитовых сланцах	Ювелирный камень; может быть источником получения скандия
224	Сподумен $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Spd	Приурочен к пегматитовым жилам	Используют для получения металлического лития; в стекольной промышленности
225	Волластонит (дощатый шпат) $\text{Ca}[\text{SiO}_3]$	Wol	Образуется при контактовом и глубинном региональном метаморфизме известняков	Применяется в качестве добавки-наполнителя в пластмассах, в цветной металлургии, в шинной, асбоцементной и лакокрасочной промышленности, в производстве керамики

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
	Энстатит $Mg_2[Si_2O_6]$	Ens	Породообразующий минерал во многих богатых магнием, но бедных кальцием изверженных горных породах, особенно интрузивных (гарцбургитах, лерцолитах и др.)	Практического значения не имеет
	Диопсид $CaMg[Si_2O_6]$	Dps	Может иметь метаморфическое происхождение, он образуется в кальцийсодержащих породах, скарнах, пироксеновых грейзенах, мраморах. Присутствует в основных магматических породах, в пегматитах. Встречается в жилах альпийского типа	Поделочный камень
	Авгит $(Ca,Na)(Mg,Fe,\times Al,Ti)(Si,Al)_2O_6$	Aug	Встречается в некоторых магматических эффузивных породах основного состава: андезитах, фонолитах, базальтах, в их туфах и вулканических пеплах	Является доступным поделочным минералом
	Родонит (орлец) $(Mn^{2+},Fe^{2+},Mg,Ca)SiO_3$	Rdn	Сравнительно низкотемпературный минерал, изредка встречается в гидротермальных, а также в контактово-метасоматических месторождениях; реже с сульфидами Mn, Pb, Zn	Считается высококачественным декоративными и поделочным материалом. Применяется как ювелирный и облицовочный камень
ЛЕНТОЧНЫЕ СИЛИКАТЫ				
226	Тремолит $Ca_2Mn_5[Si_8O_{22}](OH)_2$	Trm	Образуется в результате метаморфизма на контактах изверженных пород с известняками или доломитами, а также в кристаллических сланцах	Ювелирное сырье

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
227	Актинолит $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$	Act	Типичный метасоматический минерал метаморфических сланцев и контактовых скарнов	Ювелирное сырье
228	Роговая обманка $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe,Al})_5 \times (\text{Al,Si})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Hbl	В метаморфических породах (амфиболитах, сланцах, контактовых роговиках), в интрузивных и вулканических магматических породах (роговообманковых гранитах, сиенитах, диоритах, андезитах, базальтах, туфах, пеплах)	Поделочное сырье
229	Нефрит $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5 \times [\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$	Nef	Большинство залежей нефрита расположено в местах внедрения интрузивных магматических пород в серпентиниты	Поделочное сырье
230	Рибекит $\text{Na}_2(\text{Fe}_3^{2+}\text{Fe}_2^{3+}) \times [\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$	Rbk	Характерный минерал щелочных гранитов и их пегматитов, а также метасоматических пород. Часто встречается в риолитах и трахитах	Используется в качестве противопожарного и теплоизоляционного материала; изготавливают краски
231	Астрофиллит $(\text{K,Na})_3(\text{Fe,Mn})_7\text{Ti}_2 \times [\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{O,OH,F})_7$	Ast	Происхождение магматическое, встречается в нефелиновых сиенитах и в щелочных пегматитах	Большого практического значения не имеет, но представляет собой ценный коллекционный минерал
	Антофиллит $(\text{Mg,Fe})_7(\text{OH})_2 \times [\text{Si}_8\text{O}_{22}]$	Ant	Является продуктом метаморфического изменения богатых магнием пород, особенно ультраосновных изверженных пород и содержащих примеси доломитовых сланцев	Ювелирное сырье

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
	Арфведсонит $\text{Na}_3(\text{Mg,Fe})_4 \times$ $\times \text{Fe}(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]$	Arp	Встречается в бедных кремнеземом магматических и метаморфических породах: нефелиновых сиенита, мета-базальтах. Типичный темноцветный минерал щелочных пород агпаитового типа. Встречается в фойяитах, микроклин-нефелиновых сиенитах и их пегматитах, некоторых амфиболовых фолонитах, в роговообманковых луювритах и других щелочных породах	Отдельные образцы минерала представляют интерес для коллекционеров
ЛИСТОВЫЕ СИЛИКАТЫ				
234	Тальк $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	Tlc	Происхождение связано с метаморфизмом. Наиболее часто возникает при гидротермальном изменении ультраосновных пород после серпентинизации. Образуется при метаморфизме по доломитам и глинам. Является породообразующим минералом тальковых сланцев и лиственитов	Является основным компонентом детских присыпок; в быту для предотвращения трения соприкасающихся поверхностей; как наполнитель применяется в резиновой, бумажной, лакокрасочной, медицинской (основа таблеток), парфюмерно-косметической и других отраслях; в пищевой промышленности зарегистрирован в качестве пищевой добавки E553b
235	Хризотил-асбест $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$	Hra	Гидротермальное происхождение	Для изготовления кровельных, стеновых изделий, теплоизоляционных изделий

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
236	Серпентин (Mg,Fe,Ni,Al,Zn,Mn) \times \times [Si ₂ O ₅](OH) ₄	Srp	Встречается в массивах ультраосновных и основных пород, в гидротермально изменённых доломитах и доломитовых известняках	Используют для изготовления декоративных предметов интерьера
237	Актинолит-асбест Ca ₂ (Mg, Fe ²⁺) ₅ \times \times [Si ₈ O ₂₂](OH) ₂	Acta	Встречается в метаморфизованных гипербазитах, основных эффузивах и колчеданных залежах	См. применение хризотил-асбеста
238	Хризоколла (Cu,Al) ₂ H ₂ Si ₂ O ₅ \times \times (OH) ₄ \cdot nH ₂ O	Hrz	Формируется в зоне окисления медных месторождений, где очень много кремнекислоты в воде	Используется в ювелирном деле
	Пирофиллит Al ₂ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₂	Prf	Встречается как гидротермальный, низкотемпературный минерал в некоторых богатых глиноземом метаморфических сланцах и экзогенных породах	Поделочное сырьё
	Шамозит (Fe,Al) ₃ (OH) \times \times [Al ₂ Si ₂ O ₁₀](Fe,Mg) ₃ \times \times (OH,O) ₆	Sha	Встречается в глинистых отложениях и в осадочных (оолитовых) железных рудах, формирующихся в прибрежных зонах морских бассейнов; распространён в очень небольших количествах в тундровых, дерново-подзолистых, серых лесных, а также в латеритах и ферраллитных почвах, развитых на продуктах изменения основных пород. Является характерным жильным минералом ряда гидротермальных месторождений, а также входят в состав околорудных метасоматитов	При высоком содержании железа шамозитовые породы являются железной рудой

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
240	Мусковит $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	Mus	В качестве породообразующего минерала он входит в состав некоторых интрузивных горных пород, в частности – гранитов, особенно грейзенов. Сравнительно часто встречается в гранитных пегматитовых жилах в виде крупных кристаллов, представляющих промышленный интерес	Применяется в виде листовой слюды (для изоляторов, конденсаторов, телефонов); при изготовлении слюдяного порошка (для кровельного толя, слюдяного картона, огнеупорных красок); слюдяного фабриката (для электроизоляционных прокладок в электроприборах)
241	Флогопит $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}] \times (\text{F}, \text{OH})_2$	Phl	Встречается в ультрабазитах, кимберлитах и карбонатитах, в магнезиальных скарнах и кальцифирах	Электроизолятор; поделочный камень
242	Биотит $\text{K}(\text{Fe}, \text{Mg})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}] \times (\text{OH}, \text{F})_2$	Bt	Является важным породообразующим минералом гранитов, гранодиоритов, трахитов, минетт. Реже встречается в более основных и очень редко в основных породах (базальты). Широко распространён в пегматитах. Во многих метаморфических породах (контактные роговики, слюдяные сланцы, парагнейсы, ортогнейсы)	В качестве блёсток для игрушек, театральных декораций; размолотым добавляется в черепицу; применяется как изоляционный материал; поделочный камень
243	Лепидолит $\text{KLi}_2\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}] \times (\text{OH}, \text{F})_2$	Lp	Встречается вместе с другими литийсодержащими минералами, такими как сподумен, в пегматитовых жилах	Он является одним из источников редких щелочных металлов, рубидия и цезия
244	Циннвальдит $\text{K}(\text{Li}, \text{Fe}, \text{Al})_3(\text{OH}, \text{F})_2 \times [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$	Znv	Месторождения редки, встречается в изменённых гранитах	Может служить источником получения лития, иногда рубидия

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
	Серицит $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$	Ser	Породообразующий минерал гидротермальных образований и метаморфических горных пород. Образуется за счет разрушения полевых шпатов. Встречается в метаморфических сланцах	Имеет важное поисковое значение как минерал, который часто сопровождает медь, полиметаллы, золото и другие виды оруденения
245	Глауконит $(K, H_2O)_x \times (Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg)_2 \times [AlSi_3O_{10}](OH)_2 \times nH_2O$	Gln	Распространён в виде примеси во многих осадочных породах и в современных морских осадках. Встречается в песках, песчаниках, глинах, мергелях, известняках и в батиальном иле, окрашивая их в зеленоватые цвета. Образование глауконита происходит и в настоящее время на дне морей при участии микроорганизмов	Применяется как сырьё для производства комплексных калийно-фосфорных удобрений; как сырьё для изготовления зелёных красок для живописи и промышленности; хороший сорбент, применяется для очистки воды, в том числе от солей тяжёлых металлов; используется для уменьшения жёсткости воды; может использоваться для очистки территорий от загрязнения радионуклидами
247	Монтмориллонит $(Al, Mg)_2[Si_4O_{10}](OH)_2 \times 4H_2O$	Mont	Является типичным продуктом выветривания алюмосиликатов. Является одним из главных минералов во многих почвах, основным компонентом бентонита, обнаруживается во многих осадочных породах	Применяется в очистке и крекинге нефти; в масложировой, винодельческой и др. в качестве адсорбента; применение в производстве препаратов, материалов для ортопедии, травматологии, стоматологии

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
	<p>Вермикулит $(\text{Mg,Fe})_3[(\text{AlSi})_4\text{O}_{10}] \times (\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$</p>	<p>Ver</p>	<p>Является продуктом вторичного изменения слюды биотита, флогопита, т. е. он образуется в результате их выветривания и гидролиза</p>	<p>В растениеводстве, где он используется как субстрат для мульчирования и аэрации почвы, насыщает растения полезными минералами; изготавливают теплоизоляционные изделия, звукопоглощающие материалы, в том числе в авиации и автомобилестроении, лёгкие бетоны, декоративные штукатурные растворы</p>
	<p>Каолинит $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$</p>	<p>Kln</p>	<p>Образуется из глинозёмсодержащих материалов, главным образом полевых шпатов и слюды. Процесс его образования называется каолинизацией</p>	<p>Используется при производстве бумаги для мелования и в качестве наполнителя; в керамической промышленности – для создания глазури; в фармацевтике в качестве пищевой добавки, в зубных пастах, в косметике</p>
	<p>Галлуазит $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$</p>	<p>Gal</p>	<p>Образуется в экзогенных условиях, в основном при выветривании алюмосиликатов изверженных пород (габбро, диабазов, сиенитов и др.). Является составной частью некоторых глин</p>	<p>Используется в качестве керамического сырья и для изготовления катализаторов и наполнителей</p>

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
	Нонтронит $\text{NaFe}_2[(\text{SiAl})_4\text{O}_{10}] \times$ $\times (\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Non	Типичный гипергенный минерал, образующийся в основном при выветривании железосодержащих силикатов различных ультраосновных изверженных и метаморфических горных пород. Образуется при экзогенных процессах, при выветривании богатых железом и магнием пород, преимущественно изверженных, а также в ряде месторождений металлических, в частности железных руд. Обычно устанавливается в более низких горизонтах коры выветривания	Практическое значение могут иметь нонтронитовые массы, обогащенные никелем
КАРКАСНЫЕ СИЛИКАТЫ				
248	Ортоклаз $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	Or	Встречается главным образом в кислых, иногда в средних по кислотности изверженных породах. Породообразующий минерал гранитов, сиенитов, некоторых древних эффузивов и гнейсов. Иногда встречается в сиенитовых пегматитах	Применяется как сырьё для производства фарфора и электрокерамики
249	Микроклин $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	Ms	Породообразующий минерал многих магматических и метаморфических горных пород, пегматитов	Используется в фарфоро-фаянсовом производстве
250	Амазонит $(\text{K}, \text{Na})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	Amz	Встречается в кислых и средних интрузивах, некоторых сланцах и гнейсах	Поделочный камень

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
251	Беломорит $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	Blm	Это разновидность альбита с иризацией серо-голубого, сине-голубого или бледно-фиолетового цвета	Используют в керамическом производстве
	Санидин $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	San	Формируется в кислых вулканических и гипабиссальных породах: риолитах, фонолитах, трахитах	Практического значения не имеет
252	Альбит $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	Ab	Наиболее распространенный породообразующий минерал магматического происхождения	Используют в керамическом производстве
253	Лабрадор $30-50\% \text{NaAlSi}_3\text{O}_8 +$ $+ 50-70\% \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	Lab	Имеет магматическое происхождение (встречается в габбро, базальтах, анортозитах, норитах, лабрадоритах); реже – метаморфическое (в амфиболитах). Может иметь осадочное происхождение, сохраняясь в аркозовых песчаниках	Ювелирно-поделочный камень, облицовочный камень
254	Анортит $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$	Ant	Встречается в основных эффузивах, иногда также в основных интрузивных породах группы габбро (оливиновые нориты, некоторые анортозиты). Встречается в метаморфических породах гранулитовой фации и в метаморфизованных карбонатных породах, отмечен в пироксеновых роговиках	Является составляющим концентратов, используемых в керамической промышленности
	Олигоклаз $(\text{Na}, \text{Ca})[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_8]$	Olz	Для кислых магматических пород (гранитов и гранитных пегматитов) и для многих метаморфических пород	В ювелирном деле используется под названием «лунного камня»

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
	Андезин (Na,Ca)[Al(Al,Si) ₃ O ₈]	And	Является породообразующим минералом для многих интрузивных и эффузивных горных пород, но наиболее характерен для диоритов, андезитов, сиенитов и дацитов	Используют для изготовления кислотоупорных керамических изделий. Мерцающие разновидности – «солнечный камень», считаются полудрагоценными камнями
	Битовнит (Ca,Na)[Al(Al,Si)× ×Si ₂ O ₈]	Bit	Породообразующий минерал пород группы габбро (троктолит, норит, переходные породы перидотит-габбрового состава)	Иризирующие разновидности используются как поделочный камень, для облицовки стен, для изготовления памятников
255	Лейцит K[AlSi ₂ O ₆]	Lc	Типичный высокотемпературный минерал, образующийся только в эффузивных и субвулканических породах, богатых калием, при застывании бедных кремнезёмом лав	Используется в производстве калийных удобрений, в стоматологии в качестве добавки в керамику и для изготовления ювелирных изделий
256	Нефелин (Na,K)[AlSiO ₄]	Ne	Один из главных минералов щелочных горных пород (нефелиновых сиенитов) и их вулканических аналогов – фонолитов	Используется для производства сырья для выплавки алюминия, поташа (соды) и сырья для производства цемента, в стекольной и кожевенной промышленности
	Лазурит Na[(AlSiO ₄)SO ₄]	Laz	Редко встречающиеся месторождения приурочены к контактам щелочных изверженных пород (сиенитов, гранитов и их пегматитов) с карбонатными породами	Отнесён к полудрагоценным поделочным камням

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бетехтин, А. Г. Курс минералогии : учеб. пособие / А. Г. Бетехтин. – М. : КДУ, 2008. – 720 с.
- 2 Миловский, А. В. Минералогия / А. В. Миловский, О. В. Кононов. – М. : Изд-во МГУ, 1982. – 311 с.
- 3 Кривовичев, В. Г. Минералогический словарь / В. Г. Кривовичев. – СПб. : Санкт-Петербургский университет, 2008. – 556 с.
- 4 Джонс, М. П. Прикладная минералогия / М. П. Джонс. – М. : Недра, 1991. – 392 с.
- 5 Флейшер, М. Словарь минеральных видов / М. Флейшер. – М. : Мир, 1990. – 203 с.
- 6 Штрюбель, Г. Минералогический словарь / Г. Штрюбель. – М. : Недра, 1987. – 494 с.
- 7 Лодочников, В. Н. Главнейшие породообразующие минералы / В. Н. Лодочников. – М. : Недра, 1974. – 248 с.
- 8 Лазаренко, Е. К. Курс минералогии / Е. К. Лазаренко. – М. : Высшая школа, 1971. – 607 с.
- 9 Сиротин, К. М. Определитель минералов / К. М. Сиротин. – М. : Высшая школа, 1970. – 264 с.
- 10 Юбельт, Р. Определитель минералов / Р. Юбельт. – М. : Издательство «Мир», 1978. – 278 с.

Производственно-практическое издание

Митько Юлия Владимировна,
Шишкова Ирина Игоревна

**КРАТКИЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ:
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ**

Практическое пособие

Редактор В. И. Шкредова
Корректор В. В. Калугина

Подписано в печать 09.09.2021. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,8.

Тираж 25 экз. Заказ 461.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования

«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017.

Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.

Ул. Советская, 104, 246028, Гомель

**Ю. В. МИТЬКО,
И. И. ШИШКОВА**

**КРАТКИЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ
МИНЕРАЛОВ:
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ**

Гомель
2021