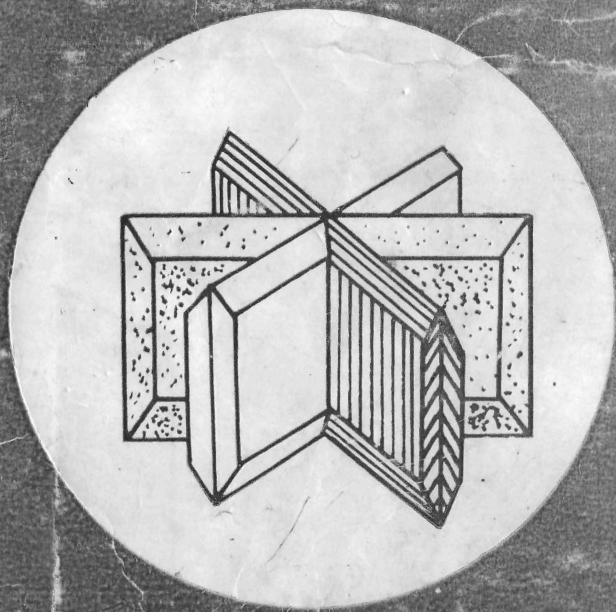


549
Б163

9

А. И. БАЖЕНОВ
Т. И. ПОЛУЭКТОВА

**ПРАКТИКУМ
ПО
МИНЕРАЛОГИИ**



КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТОК
СРОКОВ ВОЗВРАТА

КНИГА ДОЛЖНА БЫТЬ
ВОЗВРАЩЕНА НЕ ПОЗЖЕ
УКАЗАННОГО ЗДЕСЬ СРОКА

олич. пред. выдач

Таланова 2310/2
Возврат 0. 21330

549

4134

Баженов, А. И.

Таланова, М. И.

не-

4134

549
Б163

Министерство высшего и среднего специального образования
Р С Ф С Р

Томский ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового
Красного Знамени политехнический институт им.С.М.Кирова

А.И.Баженов, Т.И.Полуэктова

ПРАКТИКУМ ПО МИНЕРАЛОГИИ

Учебное пособие

Научно-техническая
библиотека ТПИ
№ 4134

Томск 1985

УДК 549.1

Баженов А.И., Полуэктова Т.И. Практикум по минералогии. Учебное пособие. Томск, изд. ТПИ им. С.М.Кирова, 1985. - 57 с.

В учебном пособии приведены характеристики типов, классов и отдельных групп минералов. Описания минералов, их агрегатов, физических свойств, парагенезисы, условия образования и применение сведены в таблицы, объединяющие минералы по признакам близости их химизма и физических свойств. Особое внимание уделяется диагностике минералов, для чего указываются похожие минералы и признаки, по которым они могут быть надежно определены. Учебное пособие подготовлено на кафедре минералогии и петрографии ТПИ. Пособие предназначается для студентов очного и заочного обучения специальностей 0101, 0103, 0107.

Печатается по постановлению Редакционно-издательского Совета Томского политехнического института

Р е ц е н з е н т ы

Зыков Е.Н. - канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры минералогии Томского государственного университета.

Иванов В.Г. - канд. геол.-минерал. наук, зав. лабораторией Томского отделения Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья.

В 20902 2033-85

Темплан 1985, поз. 2033

© Томский политехнический институт им. С.М.Кирова, 1985

ВВЕДЕНИЕ

В пособии минералы объединены в группы по сходству физических свойств, а описания их сведены в таблицы. Характерные особенности всех минералов группы указаны в заглавии таблицы. Описания минералов содержат только самые общие сведения, так как подробные данные приведены в известных курсах минералогии А.Г.Бетехтина, Е.К.Лазаренко и др. Учебное пособие предназначено для лабораторных занятий, поэтому в нем подробно разбирается диагностика каждого минерала. С этой целью указывается, на какие минералы походит изучаемый минерал и по каким признакам он может быть надёжно определён. Диагностика минералов приводится в тексте, и она основывается на наиболее типичных ошибках, допускаемых обучающимися в процессе освоения минералогии. В отдельных случаях в диагностике после названия похожего минерала стоит знак "(см.)", означающий, что отличительные признаки излагаются в описании данного минерала далее по тексту в этом же пособии.

Для минералов, образующих характерные парагенетические ассоциации, имеющие диагностическое значение, в тексте приведен перечень наиболее типичных минералов - спутников. Описание минералов, часто встречающихся в виде кристаллов, сопровождается зарисовками их габитуса.

В 1961 г. была издана вводная часть курса минералогии, а также описаны минералы, принадлежащие к типам самородных элементов: сульфидов, сульфосолей и их аналогов, окислов и гидроокислов.

Предлагаемое учебное пособие является продолжением ранее изданного и включает в себя следующие типы минералов:

ТИ I Галлоидных соединений

ТИ II Органических соединений

ТИ III Кислородных солей

В типе кислородных солей дано описание минералов следующих классов: карбонаты, сульфаты, вольфраматы и молибдаты, фосфаты, арсенаты и ванадаты, хроматы, бораты.

ТИ II ГАЛЛОИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Этот тип объединяет соли HF , HCl , HBr и HI , т.е. фториды, хлориды, бромиды и иодиды. В качестве катионов принимают участие щелочи и щелочно-земельные элементы - Na , K , Ca , Mg и значительно реже - другие химические элементы.

По химическому составу минералы описываемого типа объединяются в два класса - фториды, представляющие соли HF и хлориды - соли HCl . Бромиды и иодиды в природе встречаются крайне редко. По содержанию воды они относятся к безводным соединениям, водосодержащие минералы встречаются довольно редко.

Минералы кристаллизуются преимущественно в кубической сингонии. Окраска их светлая, черта белая, блеск стеклянный, твердость изменяется в пределах 1,5 - 4,0. Уд. вес не превышает 3,2. Хлориды растворяются в воде и обладают солёным вкусом. Этим они похожи на растворимые в воде сульфаты (мирабилит, эпсомит, халькантит, мелантерит и др.).

Фториды по происхождению относятся к эндогенным минералам, в экзогенных условиях они образуются очень редко.

Хлориды - преимущественно экзогенные минералы и лишь иногда отложение их отмечается при вулканических извержениях.

Практическое значение галоидных образований весьма велико - они используются в химической, пищевой, металлургической промышленности.

КЛАСС ФТОРИДОВ И ХЛОРИДОВ

Фториды включают немногочисленные минералы, из числа которых наиболее распространён флюорит. Физические свойства флюорита приведены в табл. I.

ФЛЮОРИТ (плавиковый шпат). Хим. состав - CaF_2 Примеси - Ce , Fe_2O_3 , U , битумы. Он часто образует кристаллы в виде гексаэдров и октаэдров. На гранях кристаллов часто наблюдается своеобразный паркетобразный узор (рис. I). Агрегаты обычно зернистые, **р а з н о в и д н о с т ь** флюорита - раговикит образует землистые агрегаты. Флюорит редко бывает бесцветным и водяно-прозрачным. Часто

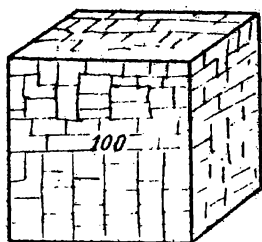


Рис. I. Паркетобразный узор на грани 100 кристалла флюорита

он окрашен в различные цвета: желтый, зелёный, голубой, фиолетовый, иногда фиолетово-чёрный. Окраска минерала нередко распределяется зонами или неравномерно.

Д и а г н о с т и к а Флюорит походит на другие минералы этого типа, от которых легко отличается твердостью, нерастворимостью в воде и отсутствием вкуса. Кроме того, флюорит походит на карбонаты группы кальцита (кальцит, доломит, магнезит, сидерит,

родохрозит, смитсонит, анкерит), на сульфаты (барит, целестин, ангидрит). От карбонатов отличается характером спайности (четыре направления у флюорита и три направления у всех минералов гр. кальцита), а также реакцией с HCl . От сульфатов отличается также характером спайности (у флюорита нет спайности, пересекающейся под прямым углом, у перечисленных минералов гр. барита всегда наблюдается спайность, пересекающаяся под прямым углом).

ГАЛИТ (каменная соль в плотных крупнокристаллических агрегатах, слагающих пласты; самосадочная соль - в рыхлых зернистых агрегатах в соляных озерах). Хим. состав - $NaCl$. Облик кристаллов кубический. Окраска часто бесцветная, иногда белая. Примеси глины обуславливают серую окраску, гидроокислы железа - желтую, окислы железа - красную, битумы - бурую или черную. Галит из месторождений, содержащих сильвин, часто обладает пятнистым распределением синих участков. Предполагается, что такой цвет связан с воздействием радиоактивного излучения изотопа калия.

Д и а г н о с т и к а Галит походит на флюорит, минералы гр. кальцита, гр. барита. Отличается от них характером спайности - три направления совершенной спайности, пересекающиеся под прямыми углами, растворимостью в воде, вкусом. Походит галит также на сильвин (см.), карналлит (см.) и растворимые в воде сульфаты - тенардит, мирабилит, эпсомит (см.).

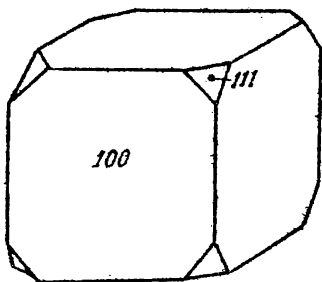


Рис. 2. Кристалл сильвина.

СИЛЬВИН. Хим. состав - KCl .

Минерал обычно распространен в зернистых агрегатах. Кристаллы и друзы встречаются редко. Кристаллы его имеют кубическую форму, вершины часто притуплены гранями октаэдра (рис. 2).

П а р а г е н е з и с Сильвин обычно встречается вместе с галитом, карналлитом, редко - с ангидритом и боратами.

Д и а г н о с т и к а Сильвин походит на те же минералы, что и галит, и отличия у него аналогичные.

От галита сильвин отличается обликом кристаллов - у кристаллов галита отсутствуют грани октаэдра. Зернистые агрегаты сильвина и га-

Таблица I

Минералы светлорозовые, черта белая, блеск стеклянный, растворима в воде и обладает вкусом (кроме флюорита), твердость не выше 4, уд. вес менее 3,2

	Флюорит	Галит	Сильвин	Карналит
Сингония	Кубическая			Ромбическая
Облик кристаллов	Куб, октаэдр, их комбинации			Кристаллы очень редки
Агрегаты	Зернистые, рыхлые зернистые, друзы	Друзы		Зернистые
Цвет	Бесцветный, белый, зеленый, голубой, фиолетовый, желтый	Бесцветный, белый, серый, желтый, красный, синий	Бесцветный, белый, розовый, розовый, желтый	Бесцветный, красный, розовый, желтый
Черта	Белая	Я		Я
Блеск	Стеклоподобный	Я	Я	Я
Спайность	Соединенная по октаэдру	Соединенная по кубу	Соединенная по кубу	Несовершенная
Твердость	4	2 - 2,5	1,5 - 2	2-3
Уд. вес	3,2	2,2	2,0	1,6
Растворимость в воде	Не растворяется	Растворяется	Растворяется	Растворяется
Значение	Гидротермальный, легматитовый, редко экзогенный	Солёный	Жгуче соляной	Соляной
Применение	Химическая промышленность, металлургия, оптика	Промышленность	В соляных озерах	Для получения калийных удобрений

лита легко отличаются по вкусу.

Кроме того, сильвин походит на карналлит (см.).

КАРНАЛЛИТ. Хим. состав - $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$. Этот минерал очень редко встречается в кристаллах, обычно он образует зернистые агрегаты. Окраска карналлита розовая или красная, редко белая. Розовый и красный цвет вызван включениями чешуек гематита.

Карналлит обладает высокой гигроскопичностью, вследствие чего он поглощает воду и растворяется в ней. Поэтому при хранении на воздухе минерал расплывается, образуя густой рассол.

Д и а г н о с т и к а Карналлит походит на флюорит, карбонаты гр. кальцита, отличается от них несовершенной спайностью, растворимостью в воде и жгуче-солёным вкусом. Походит карналлит также на растворимые в воде сульфаты (см.) и на буру (см.).

От галита и сильвина карналлит отличается несовершенной спайностью, высокой гигроскопичностью и жгуче-солёным вкусом (от галита).

ТИП ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

К этому типу относятся соли органических кислот, а также смолы⁰ и битумы. По условиям образования все они встречаются в осадочных породах, в частности, в угольных месторождениях. К наиболее распространенным принадлежат ювеллит, меллит, парафин, янтарь. Физические свойства этих минералов приведены в табл. 2.

ЮВЕЛЛИТ (уэвеллит). Хим. состав - $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ Минерал

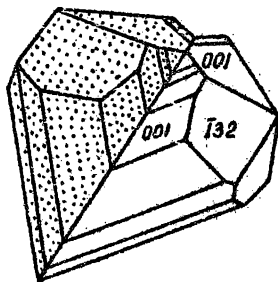


Рис. Двойник ювеллита

встречается исключительно в виде кристаллов, часто образующих двойники сердцевидной формы (рис. 3) в угольных пластах вместе с растительными остатками, в результате выветривания которых он образуется. Иногда отлагается в почках человека.

Д и а г н о с т и к а Похожих на ювеллит минералов, встречающихся в угольных пластах, нет.

МЕЛЛИТ. Хим. состав - $Ac_2C_{12}O_{12} \cdot 18H_2O$. Минерал распространен в трещинах отдельности в уголь-

ных пластах и в лигните. Растворится в азотной кислоте, не растворим в соляной кислоте и в воде. В пламени свечи белест, но не горит.

Таблица 2

С Минералы в виде мелких кристаллов, желваков, а также в смолоподобных агрегатах и кашевидных выделениях. Удельный вес минералов небольшой (менее 2,2), твердость меньше 3

		C ₁₁ H ₁₂ O Двевалит		C ₁₁ H ₁₄ O Парфин		Янтарь
		Моноклинная	Тетрагональная	Ромбоэдрическая или моноклинная	Аморфный	
Спайность						
Облик кристаллов	Изометричный, табличчатый, двойники	Кристаллы мелкие и очень редки		Пластинчатый		
Агрегаты	Серцевидной формы Одиночные кристаллы	Мелкие конкреции		Слоистые массы		
Цвет	Бесцветный, буроватый, желтоватый	Медово-желтый		Белый, бесцветный		Желтый
Блеск	Стеклянный	Смоляной		Матовый		Смоляной
Спайность	Совершенная по {101}	Несовершенная				
Твердость	2,5 - 3	2 - 2,5		I	2 - 2,5	
Уд. вес	2,2	1,6		0,8	I, I	
Другие свойства				Жирный на ощупь, легко плавится		Горит
Износ		В угольных пластах и лигните				
Применение		не имеет		В трещинах осадочных пород		В трещинах породах и глинах
				Хим. сырьё, медицина, изоляционный материал		Подобочный камень, хим. промышленность

Д и а г н о с т и к а Для меллита характерны условия образования, агрегаты, реакция с азотной кислотой, медово-желтый цвет. Минералов, похожих на него, нет.

ПАРАФИН. Хим. состав - $C_n H_{2n+2}$ В чистом виде минерал встречается довольно редко. Однако он является составной частью горной породы - озокерита (горного воска), образующегося при миграции нефти, в состав которой он входит. Озокерит имеет темную окраску и походит на воск, обычен парагенезис с гипсом, серой, галитом. При нагревании плавится и горит коптящим пламенем.

Д и а г н о с т и к а . Минералов, похожих на парафин, нет.

ЯНТАРЬ. Минерал встречается исключительно в рыхлых породах - песках и глинах. В зависимости от окраски выделяют следующие разновидности - сукцинит - полупрозрачный до прозрачного, часто содержит органические остатки; глессит - непрозрачный, бурого цвета; бокерит - непрозрачный, темной окраски. Излом у янтаря раковистый. Легко электризуется при трении. Довольно легко загорается и горит коптящим пламенем с ароматным запахом.

Д и а г н о с т и к а . Похожих минералов на янтарь нет.

Т И П К И С Л О Р О Д Н Ы Х С О Л Е Й

К этому типу относятся соли неорганических кислот - H_2CO_3 , H_2SO_4 , H_2WO_4 и др. По числу минералов этот тип является наиболее многочисленным, к нему принадлежит почти 75% всех известных минералов. К кислородным солям относится большинство породообразующих минералов.

В качестве катионов в составе минералов принимают участие Na , K , Ca , Mg , Ba , Sr , Zn , Pb , Fe , Mn , Cu , Al

Физические свойства кислородных солей разнообразны и зависят от их химического состава, в частности, окраска минерала обусловлена элементами - хромофорами: Fe , Mn , Cu и др.

В зависимости от анионной группы выделяются следующие классы:

- 1) класс карбонатов;
- 2) класс сульфатов;
- 3) класс вольфраматов и молибдатов;
- 4) класс фосфатов, арсенатов и ванадатов;
- 5) класс хроматов;
- 6) класс боратов;
- 7) класс силикатов.

В данном учебном пособии описаны первые шесть классов, последно-

му, наиболее многочисленному классу карбонатов, посвящается отдельный выпуск "Практической минералогии".

КЛАСС КАРБОНАТОВ

К классу карбонатов относятся соли угольной кислоты H_2CO_3 . В качестве катионов известны немногочисленные элементы - Ca, Mg, Fe, Zn, Pb, Ba, Sr, Na, Cu, Mn. По содержанию воды выделяют безводные и относительно менее распространенные водосодержащие минералы.

Кристаллизуются карбонаты в тригональной, ромбической или моноклинной сингониях. Наибольшим распространением пользуются тригональные карбонаты. Минералы часто имеют хорошо образованные кристаллы, достигающие значительных размеров. Обычно же карбонаты встречаются в виде массивных, зернистых, радиально-лучистых агрегатов, в конкрециях, секрещиях.

Цвет карбонатов светлый, исключение представляют лишь минералы Fe, Mn, Cu, имеющие цветную окраску. Блеск у минералов стеклянный, твердость колеблется в пределах от 1 до 4 (лишь смитсонит имеет твердость 5). Удельный вес изменяется от 1,7 до 5.

Для всех минералов описываемого класса характерна реакция с HCl . Большинство их разлагается в соляной кислоте на холоду, некоторые - разлагаются на холоду в порошок или в горячей HCl .

По своему происхождению карбонаты представляют собой экзогенные образования, однако среди безводных карбонатов известны и эндогенные, преимущественно гидротермальные.

Мощные толщи мономинеральных карбонатных пород образуются осадочным путем. Такие породы в зависимости от степени раскристаллизации называются известняками (аморфный агрегат) или мраморами (зернистый агрегат).

По кристаллохимическим особенностям среди карбонатов выделены следующие группы:

- 1) группа кальцита (группа тригональных карбонатов);
- 2) группа драгонита (группа ромбических карбонатов);
- 3) группа малахита-азурита (группа карбонатов меди);
- 4) группа соды.

Группа кальцита (группа тригональных карбонатов)

В эту группу входят безводные карбонаты, кристаллизующиеся в три-

гональной сингонии - кальцит CaCO_3 , магнезит MgCO_3 , доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, сидерит FeCO_3 , анкерит $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{CO}_3)_2$, родохрозит MnCO_3 и смитсонит ZnCO_3 .

Все минералы описываемой группы охотно образуют кристаллы ромбоэдрического, скаленоэдрического обликов или их комбинации с призмами (рис. 4).

Физические свойства тригональных карбонатов приведены в табл. 3.

КАЛЬЦИТ (известковый шпат). Хим. состав - CaCO_3 Примеси $\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Sr}$ Минерал часто встречается в виде ромбоэдрических и скаленоэдрических, реже - в призматических и пластинчатых кристаллах (рис. 4). Бесцветные кристаллы кальцита называются и с л а н д с к и м ш п а т о м. Окраска минерала различная и часто обусловлена механической примесью хромофоров. Агрегаты кальцита разнообразны - друзы, зернистые, плотные, рыхлые землистые, натечные, конкреции и секрети, оолиты, плёнки, корочки и др. В зависимости от агрегатов кальцита выделяются следующие его р а з н о в и д н о с т и

- а) волокнистый кальцит;
- б) мраморный онисс - натечные концентрически зональные агрегаты;
- в) мрамор - зернистый мономинеральный агрегат;
- г) Известняк - плотный аморфный или скрытокристаллический агрегат;
- д) мел - рыхлый, землистый агрегат.

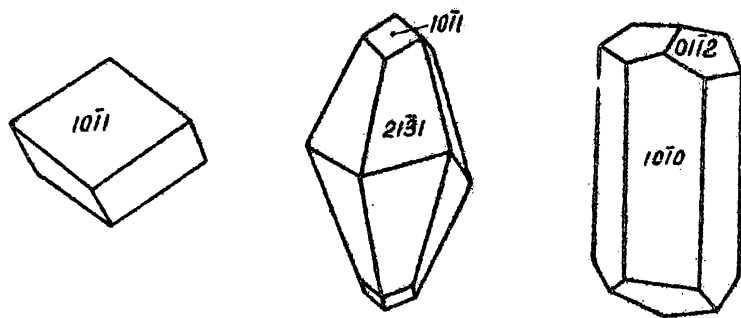


Рис. 4. Габитус кристаллов кальцита.

Генезис Кальцит образуется преимущественно в экзогенных условиях, особенно путем осаждения в водных средах, а также часто образует скелеты некоторых организмов. В эндогенных процессах он харак-

терен для гидротермальных процессов средних и низких температур.

Д и а г н о с т и к а кальцита не представляет затруднений. От других тригональных карбонатов легко отличается реакцией с HCl . Походит кальцит на арагонит (см.).

МАГНЕЗИТ (магнезиальный шпат). Хим. состав - MgCO_3 . В кристаллах встречается редко, иногда наблюдается в виде вкрапленников ромбоэдрического облика в хлоритовых и тальковых сланцах.

Для магнезита характерны светло-серого или голубовато-серого цвета зернистые агрегаты обычно со слегка удлинённой формой зерен, а также аморфные плотные натечные агрегаты, имеющие фарфоровидный облик и снежно-белую окраску. Поверхность таких аморфных агрегатов напоминает головки цветной капусты, поэтому они иногда называются "капустником".

Г е н е з и с Кристаллический зернистый агрегат магнезита образуется в гидротермальном процессе вследствие замещения известняков. Аморфный магнезит появляется в результате разложения серпентина, а также в экзогенных условиях он известен в корях выветривания серпентинитовых массивов.

Д и а г н о с т и к а Магнезит от других карбонатов этой группы отличается твердостью, агрегатом, окраской и реакцией с HCl . Обычно он слагает мономинеральный агрегат и не образует парагенетических ассоциаций с другими минералами. Зернистый магнезит имеет мраморовидный облик.

ДОЛОМИТ (известково-магнезиальный шпат). Хим. состав - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Кристаллы обычно ромбоэдрические, грани часто искривлены. Агрегаты преимущественно зернистые.

Д и а г н о с т и к а От других минералов группы тригональных карбонатов отличается реакцией с HCl . Походит на анкерит (см.). Для определения доломита нужно несколько раз провести по минералу краем стекла (или ножом) и нанести каплю HCl . В случае доломита пузырьки газа выделяются только над чертой (если определяемый минерал представлен кальцитом; то "вскипает" вся капля).

СИДЕРИТ (железный шпат). Хим. состав - FeCO_3 . Кристаллы сидерита такие же, как у кальцита. Агрегаты его зернистые, а также скрытокристаллические конкреции (сферосидерит) и оолиты. Сидерит обычно образует мономинеральный агрегат. Встречается в парагенезисе с кварцем, некоторыми сульфидами - пиритом, халькопиритом.

Г е н е з и с Кристаллический сидерит образуется в гидротермальных средне- и низкотемпературных условиях. Сферосидерит экзогенный минерал.

Таблица 3

Светлоокрашенные, белые или бесцветные минералы со стекляннм блеском, совершенной спайностью в трёх направлениях, пересекающихся под острыми или тупыми углами, твёрдостью 3 - 4 (в виде исключения твёрдость 5 - у смитсонита)

I	Кальцит		Магнезит		Доломит		Сидерит		Анкерит		Родохрозит		Смитсонит	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Сингония	Т р и г о н а л ь н а я													
Облик	Р о м б о э д р м, с к л а д н о э д р м, и х к о м -													
Кристаллов	б и н а ц и с п р и з м а м и													
Агрегаты	З е р н и с т ы е, п л о т н ы е, д р у з ы к р и с т а л л о в, н а т е ч ы е													
Цвет	Р а з л и ч н ы й С е р ы й, б е - С е р о в а т о - Б е л ы й, г о - Г о р о х о в о - б е л ы й, р о х о в о - ж е л т ы й, Р о з о в ы й, Б е л ы й, з е л е н о - б у р ы й, б у р ы й с п о в е р х - в ы т ы й, с е р ы й з е л е н о в а - б у р ы й н о с т и - ч е р н ы й т ы м о т - ч е р н ы й													
Блеск	С т е к л я н ы й, в п л о т н ы х н а т е ч н ы х а г р е г а т а х м а - т о в ы й													
Спайность	С о в е р ш е н н а я п о р о м б о э д р у (т р и н а п р а в л е н и я, п е р е с е к а ю щ и е с я п о д о с т р ы м и м л я т у п ы м и у г л а м и)													
Твёрдость	3	4 - 4,5	3,5 - 4	3,5 - 4,5	3,5	3,5 - 4,5	5							
Уд. вѳс	2,7	3,0	2,8	3,9	3,0	3,6	4,5							

При выветривании сидерит легко окисляется и замещается лимонитом.

Д и а г н о с т и к а От других минералов группы он отличается буроватой окраской, продуктами разложения (лимонитом), а также реакцией с HCl . Особенно сидерит походит на анкерит (см.).

АНКЕРИТ (бурый шпат). Хим. состав - $Ca(Mg,Fe)(CO_3)_2$.

Редко встречается в виде ромбоэдрических кристаллов, обычно он образует зернистые агрегаты и вкрапленники зерен в кварцевых жилах, часто находится в ассоциации с сульфидами.

Д и а г н о с т и к а По своим физическим свойствам и реакцией с соляной кислотой анкерит походит на доломит и сидерит. От доломита он отличается продуктами разложения (при выветривании анкерит покрывается плёнкой лимонита и буреет). Кроме того, для доломита не характерна ассоциация с жильным кварцем, часто содержащем сульфиды.

Сидерит и анкерит в генетическом отношении близки - оба входят в состав сульфидсодержащих кварцевых жил. Отличаются друг от друга продуктами разложения: сидерит замещается порошковатым лимонитом или же последний образует псевдоморфозы по агрегатам сидерита, анкерит же в этих условиях лишь буреет или покрывается плёнкой лимонита. Для более точной диагностики можно воспользоваться простой химической реакцией, для чего минерал смачивают 1% - ным раствором красной кровяной соли $K_3Fe(CN)_6$, подкисленный несколькими каплями HCl . Сидерит при этом покрывается темно-синей плёнкой турбулентной сини, а на анкерите образуется светлая голубовато-синяя плёнка.

РОДОХРОЗИТ (марганцевый шпат). Хим. состав - $MnCO_3$. В хорошо образованных кристаллах встречается редко. Обычно родохрозит распространён в зернистых или радиально-лучистых шарообразных и почковидных агрегатах. С поверхности и по трещинам минерала развиваются черные и темно-бурые плёнки гидроокислов марганца.

Г е н е з и с Родохрозит образуется в экзогенных условиях (осадочным путём), изредка встречается в гидротермальных жилах с сульфидами (обычно пирит), гюбнеритом и др.

Д и а г н о с т и к а От всех тригональных карбонатов родохрозит легко отличается розовой окраской и черными или темно-бурыми плёнками вторичных минералов марганца.

СМИТСОНИТ (цинковый шпат). Хим. состав - $ZnCO_3$. В кристаллах (ромбоэдры, скаленоэдры) встречается очень редко. Обычно он образует натечные агрегаты, корки, плотные, скрытокристаллические массы.

Г е н е з и с Смитсонит образуется за счёт изменения сфалерита в зоне окисления свинцово-цинковых месторождений.

Таблица 4

Минералы белого, серого цвета (в кристаллах иногда прозрачны), блеск стеклянный или алмазный, спайность несовершенная, твердость 3 - 4, реагируют с HCl на холоду

	Арагонит	Церуссит
Сингония	Р о м б и ч е с к а я	
Облик кристаллов	Призматический, игольчатый, псевдогексагональный	Призматический, пластинчатый, таблитчатый; часты двойники и тройники прорастания
Агрегаты	Шестоватые, радиально-лучистые, звездчатые, кристаллические, корки, оолиты	Зернистые, друзы, натечные
Цвет	Белый, желтовато-белый, серый, светло-зеленый, фиолетовый, кристаллы иногда бесцветны.	Белый с желтоватым, сероватым, буроватым оттенками. Ожелезненные разности бурого цвета. Кристаллы иногда бесцветны
Блеск	Стеклянный	Алмазный, стеклянный
Спайность	Н е с о в е р ш е н н а я	
Твердость	3,5 - 4	3 - 3,5
Уд. вес	3,0	6,5
Реакция с HCl	Растворяется на холоду с шипением	Реакция с HCl мало характерна
Генезис	Гидротермальный, экзогенный - в коре выветривания, в зоне окисления сульфидных месторождений	В зоне окисления сульфидных месторождений. Обычно находится в парагенезисе с галенитом, англезитом.
Применение		Важная руда свинца

Д и а г н о с т и к а Смитсонит походит на халцедон, от которого отличается твердостью, большим удельным весом и реакцией с HCl , а также на каламин и пренит. От каламина отличается большим удельным весом и реакцией с HCl (каламин медленно разлагается в HCl без выделения пузырьков CO_2). От пренита отличается большим удельным весом и парагенезисом (пренит обычно находится в миндалинах и пустотах в основных эффузивных породах). С HCl пренит не реагирует.

Г р у п п а а р а г о н и т а (г р у п п а р о м б и - ч е с к и х к а р б о н а т о в)

В этой группе рассматриваются арагонит $CaCO_3$ и церуссит $PbCO_3$. Другие минералы (витерит и стронцианит) пользуются относительно малым распространением.

Минералы группы кристаллизуются в ромбической сингонии в виде пластинчатых, таблитчатых, игольчатых и призматических кристаллов, часто образующих двойники и тройники прорастания. Окраска минералов светлая. Характерная особенность всех минералов группы - несовершенная спайность.

Физические свойства арагонита и церуссита приведены в табл. 4. АРАГОНИТ. Хим. состав - $CaCO_3$ Призматические кристаллы арагонита вследствие двойникования имеют псевдогексагональный облик (рис. 5).

Различают следующие агрегатные разновидности арагонита:

- железные цветы - натечный агрегат в виде спутанных ветвей (обычно образуется при окислении сидерита);
- гороховый и икряной камень - цементированные оолиты (в зависимости от размеров оолитов).

Часто арагонит образует перламутровый слой раковин. Посторонние частицы, попадающие внутрь раковин некоторых моллюсков, облекаются слоями, в состав которых входит арагонит, образуя жемчуг.

Г е н е з и с Арагонит образуется в гидротермальных условиях, где он является наиболее низкотемпературным минералом, часто отложение его имеет место на выходах современных минеральных источников.

Главная масса арагонита экзогенного происхождения в породах выветривания ультраосновных и основных пород.

Часто арагонит образует мономинеральный агрегат или встречается

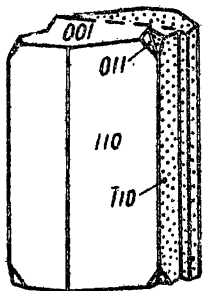


Рис. 5. Псевд.гексагональ-
ный облик двойникованных
кристаллов арагонита

Обычно он встречается в парагенезисе с англезитом, замещающим галенит, поэтому характерна такая последовательность замещения галенита: галенит - оторочка англезита - оторочка церуссита. Парагенезис этих двух минералов типичен.

Диагностика От арагонита и других карбонатов церуссит отличается алмазным блеском и парагенезисом с англезитом и галенитом, а также отношением к HCl. Реакция с соляной кислотой для церуссита не характерна, так как после реакции остаётся осадок $PbCl_2$ (реакция идет по следующей схеме: $PbCO_3 + 2HCl = PbCl_2 + H_2O + CO_2$). Для диагностики церуссита необходимо использовать азотную кислоту, так как азотнокислый свинец хорошо растворимое вещество. Церуссит особенно походит на англезит (см.), с которым он обычно встречается совместно.

Группа малахита - азурита (группа карбонатов меди)

В эту группу входят два минерала - малахит $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ и азурит $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$, обладающие ярко-зелёной и синей (голубой) окраской. Физические свойства их приведены в табл. 5.

МАЛАХИТ. Хим. состав - $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ и кристаллах встречается крайне редко. Обычно распространён в землистых агрегатах и малётах, носящих название медной зелени, а также

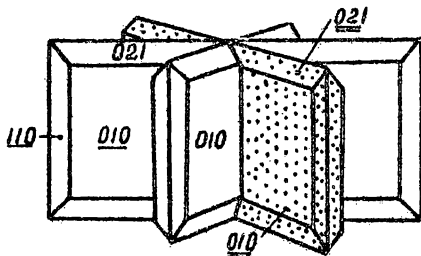


Рис. 6. Тройник прорастания кристаллов церуссита

в натечных агрегатах, в поперечном сечении имеющих концентрически-зональное строение.

Д и а г н о с т и к а . От всех похожих зеленых минералов (например, хризоколлы и др.) легко отличается реакцией с HCl

АЗУРИТ. Хим. состав - $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ Облик кристаллов призматический или таблитчатый. Обычно встречается в виде землистых агрегатов и налетов, называемых **медной синью**

Д и а г н о с т и к а Азурит походит на хризоколлу и лазурит, отличается от них реакцией с HCl . Хризоколла медленно разлагается в соляной кислоте без выделения пузырьков газа, а лазурит при действии этой кислоты выделяет сероводород с характерным запахом тухлых яиц.

Г р у п п а с о д ы

В группу входит несколько минералов, из которых наиболее распространена сода.

СОДА. Хим. состав - $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$. Кристаллизуется в моноклинной сингонии, кристаллы мелкие, таблитчатого облика. Агрегаты её зернистые, рыхлые, выцветы. Цвет белый, серый, в мелких кристаллах может быть бесцветной. Блеск стеклянный. Спайность совершенная по (100). Твёрдость I - I,5, уд. вес I,5. Сода легко разлагается с шипением в HCl , растворяется в воде и обладает своеобразным содовым вкусом.

Г е н е з и с Сода - типичный экзогенный минерал. Она образует химический осадок в содовых озёрах, а также выцветы на поверхности почвы в условиях сухого жаркого климата. В малых количествах она появляется при современных вулканических извержениях.

Д и а г н о с т и к а Сода относится к немногочисленным минералам, растворимым в воде и обладающим вкусом. Она походит на галит, сильвин, карналлит, мирабилит, тенардит, эпсомит, медантерит, халь-

канти. От всех этих минералов сода легко отличается вкусом и реакцией с соляной кислотой.

П р и м е н е н и е Сода используется в мыловаренной, стекольной, текстильной промышленности, в химических производствах и металлургии.

Таблица 5

Минералы зеленого или синего цвета, со стекляннм блеском, твердостью менее 4, легко разлагаются в HCl на холоду с шипением.

	Малахит	Азурит
Сингония	М о н о к л и н н а я	
Облик кристаллов	Призматический, кристаллы редки	Призматический, таблитчатый
Агрегаты	Натечные, землистые, налёты	Друзы, зернистые, налёты, землистые
Цвет	Зелёный	Синий, голубой
Черта	Зелёная	Голубая
Блеск	С т е к л я н н ы й	
Спайность	Совершенная по (201), но наблюдается крайне редко	Совершенная по (100)
Твёрдость	3,5 - 4 (в землистых агрегатах падает до 1)	
Уд. вес	4	3,8
Реакция с HCl	Растворяется в HCl на холоду с шипением	
Генезис	Зона окисления сульфидных месторождений	
Парагенезис	Обычно встречаются совместно, а также с другими минералами меди - халькозином, халькопиритом, самородной медью, купритом, теноритом, хризоколой	
Применение	П р о и з в о д с т в о к р а с к и поделочный камень	

КЛАСС СУЛЬФАТОВ

В данный класс входят соли серной кислоты H_2SO_4 . В качестве катионов в составе сульфатов участвуют Ca, Na, Fe^{3+} , Al, K, Mg, Pb. По содержанию воды выделяют безводные и водосодержащие минералы.

Агрегаты сульфатов разнообразны - они охотно образуют друзы кристаллов, зернистые, радиально-лучистые, натечные агрегаты, в условиях сухого жаркого климата растворимые в воде сульфаты часто встречаются в виде выцветов.

Кристаллизуются сульфаты в основном в низших сингониях - триклинной, моноклинной или ромбической. Минералы характеризуются светлой окраской, белой чертой, стеклянным блеском, невысокой твердостью (меньше 4). Удельные веса сульфатов изменяются в довольно широком пределе. Наряду с легкими минералами, например, гипс, мирабилит (уд. вес 1,5-2), в этот класс входят минералы (барит, целестин, англезит) с высоким уд. весом - 4,3 - 6,4. Особо следует подчеркнуть то обстоятельство, что среди сульфатов распространены минералы, легко растворимые в воде и обладающие вкусом.

В генетическом отношении все сульфаты (как минералы, содержащие наиболее окисленную форму серы S^{6+}) образуются или в экзогенных процессах или в гидротермальном процессе в приповерхностных условиях.

В классе сульфатов рассматриваются следующие группы минералов:

- 1) группа барита;
- 2) группа гипса;
- 3) группа алунита и ярозита;
- 4) группа минералов, легко растворяющихся в воде и обладающих вкусом.

Г р у п п а б а р и т а

В эту группу входят барит $BaSO_4$, целестин $SrSO_4$, англезит $PbSO_4$ и ангидрит $CaSO_4$. Физические свойства минералов приведены в табл. 6.

БАРИТ (тяжелый шпат). Хим. состав - $BaSO_4$ Примеси - Sr, Ca, Pb Разновидность, богатая стронцием, называется баритоцелестином. Облик кристаллов таблитчатый, реже встречается призматические и столбчатые (рис. 7). На плоскостях спайности, особенно у бесцветных кристаллов, наблюдается перламутровый отлив. Спайность совершенная в трех направлениях - по второму пинакoidу (010) и ромбической призме второго рода (201). Поэтому в сколах наряду с острыми и тупыми углами встречается спайность под прямым углом.

Г е н е з и с Барит образуется при гидротермальных процессах или осадочным путём. Как гидротермальный минерал он встречается в мономинеральных агрегатах, а также в ассоциации с такими минералами, как

гематит, галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, киноварь, золото, сербро. Барит осадочного происхождения обычно образует парагенезис с минералами гидроокислов железа (гетит, лимонит) и окислов и гидроокислов марганца (пиролузит, псиломелан, манганит).

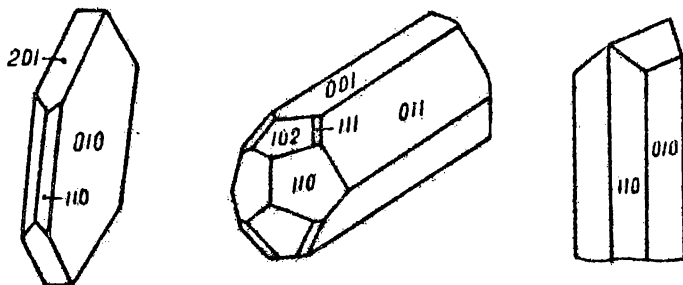


Рис. 7. Габитус кристаллов барита

Д и а г н о с т и к а Барит походит на флюорит, карбонаты, от которых легко отличается обликом кристаллов, высоким уд. весом и характером спайности. От карбонатов, кроме того, отличается нерастворимостью в соляной кислоте. Минерал походит также на целестин (см.) и ангидрит (см.).

ЦЕЛЕСТИН. Хим. состав - SrSO_4 Примеси - Ca , Ba Кристалломорфологические и физические свойства целестина практически аналогичны свойствам барита.

Г е н е з и с Целестин образуется осадочным путём, находится в зернистых мономинеральных агрегатах или чаще в парагенезисе с гипсом, каолинитом, самородной серой и иногда с карбонатами.

Д и а г н о с т и к а Целестин походит на флюорит и карбонаты (отличается теми же свойствами, что и барит), на ангидрит (см.) и барит. От последнего отличается парагенезисом. Кроме того, призматически-зернистые агрегаты целестина состоят из линзовидных зёрен, у барита они имеют прямоугольную форму.

АНГЛЕЗИТ. Хим. состав - PbSO_4 Кристаллы англезита встречаются редко. Обычно он образует зернистые агрегаты, псевдоморфозы по галениту. Блеск алмазный, иногда стеклянный с перламутровым отливом на плоскостях спайности.

Г е н е з и с Англезит - типичный экзогенный минерал, образу-

Минералы белые, бесцветные, иногда голубого, жёлтого или красноватого цвета, со стеклянным (многочисленными) олеском, твёрдость менее 3,5, высоким уд. весом

	Барит	Целестин	Англезит	Ангидрит
Сингония	Ромбическая	Ромбическая	Ромбическая	Ромбическая
Облик кристаллов	Табличатый, друзы, зернистые	Табличатый, друзы, зернистые	Табличатый, друзы, зернистые	Табличатый, друзы, зернистые
Агрегаты	Друзы, зернистые	Друзы, зернистые	Друзы, зернистые	Монокристаллы
Цвет	Белый, бесцветный, красный, бурый, жёлтый, голубоватый	Бесцветный, голубой, белый, жёлтый	Белый, серый, жёлтый	Белый, голубой, красноватый
Блеск	Стеклообразный	Стеклообразный	Стеклообразный	Стеклообразный
Спайность	Стеклообразная в трёх направлениях (наряду с острыми и тупыми углами встречается спайность под прямым углом)	Стеклообразная в трёх направлениях (наряду с острыми и тупыми углами встречается спайность под прямым углом)	Стеклообразная по трём направлениям (под прямыми углами)	Стеклообразная по трём направлениям (под прямыми углами)
Твёрдость	3 - 3,5	3 - 3,5	2,5 - 3	3 - 3,5
Уд. вес	4,5	4,0	6,4	3,0
Генезис	Гидротермальный осадочный	Осадочный	Зона окисления месторождений галенита	Экзогенный - химический осадок
Применение	Алмазная промышленность, резиновое и бумажное производство, при бурении скважин и др.	Руда стронция	Руда свинца	Цементное сырьё, поделочный камень

ющийся при окислении галенита в свинцовых месторождениях. Обычно он замещает галенит, образуя внутреннюю оболочку, внешняя часть такого агрегата часто сложена из церуссита. Благодаря очень слабой растворимости, внутри таких агрегатов хорошо сохраняется галенит, поэтому ассоциация англезита и церуссита с галенитом весьма характерна. Очень часто в англезите сохраняются реликты незамещенного пылевидного галенита, поэтому такой агрегат обладает темно-серой окраской.

Иногда англезит образуется в приповерхностных условиях в гидротермальном процессе.

Д и а г н о с т и к а Англезит походит на церуссит, отличается от него совершенной спайностью, отсутствием двойников и реакцией с HNO_3 (в азотной кислоте церуссит растворяется с шипением, а англезит не разлагается).

АНГИДРИТ. Хим. состав - CaSO_4 В кристаллах ангидрит очень редок. Обычно он встречается в зернистых мономинеральных агрегатах.

Г е н е з и с Ангидрит образуется экзогенным путем и представляет собой химические осадки в морских водоёмах. Встречается минерал вместе с гипсом, с которым связан взаимопереходами (гипс иногда образуется в результате гидратации ангидрита).

Д и а г н о с т и к а Ангидрит походит на барит и целестин, от которых отличается меньшим уд. весом, характером спайности (у ангидрита выколки по спайности имеют кубическую форму) и ступенчатым изломом. От карбонатов гр. кальцита он также отличается характером спайности и нерастворимостью в соляной кислоте.

Г р у п п а г и п с а

В эту группу включен один минерал - гипс.

ГИПС. Хим. состав - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Сингония моноклиная.

Облик кристаллов гипса таблитчатый, иногда призматический или пластинчатый (рис. 8). Гипс часто образует двойниковые срастания типа "ласточкин хвоста" (рис. 9). Встречается он в виде одиночных кристаллов и друз, а также образует зернистые и плотные агрегаты. Выделяют две разновидности гипса: а) селенит параллельно-волокнистый гипс с шелковистым отливом; б) репетекский гипс - кристаллы, заполненные песком, хорошо выделяющимся на плоскостях спайности и на поверхности индивида.

Окраска гипса белая, механические примеси песка, глины, органического вещества придают минералу различный цвет - серый, жёлтый, бурый, красный, черный. Отдельные кристаллы его часто бесцветны и воднопрозрачны.

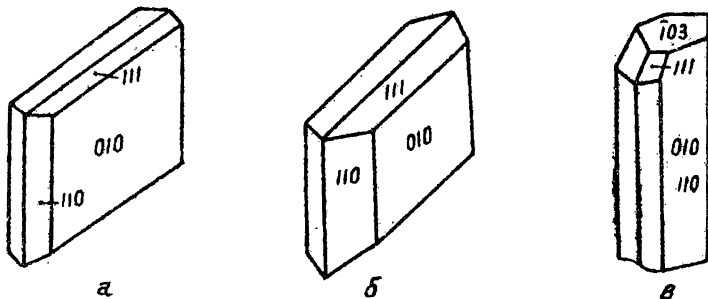


Рис. 8. Габитус кристаллов гипса:
 а - пластинчатый, б - таблитчатый,
 в - призматический

Блеск стеклянный, на плоскости спайности обычен перламутровый отлив.

Спайность совершенная по (010) - одно направление, по (100) и (011) - средняя; вследствие чего спайные выколки имеют ромбическую форму. Твёрдость 2 (легко царапается ногтём). Уд. вес 2,2.

Г е н е з и с Гипс образуется как химический осадок в замкнутых водных бассейнах. Кроме того, он появляется в результате гидратации ангидрита, а также в зонах окисления сульфидных месторождений. Иногда он появляется в низкотемпературных условиях.

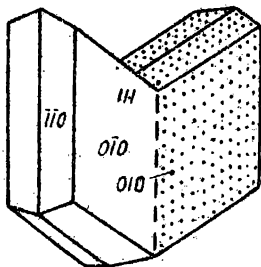


Рис. 9. Двойник гипса

Д и а г н о с т и к а Гипс походит на карбонаты группы кальцита, от которых отличается характером спайности, низкой твердостью и нерастворимостью в соляной кислоте.

П р и м е н е н и е Полуобожженный гипс используется как вяжущий материал, а также для лепных работ, в хирургии, бумажном производстве. Сырой гипс используется для производства цемента, как поделочный камень и для других целей.

Г р у п п а а л у н и т а и я р о з и т а

В группу входит два минерала: алунит $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$ и ярозит $KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$ Физические свойства этих минералов приведены в табл. 7.

АЛУНИТ (квасцовый камень). Хим. состав - $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$
Кристаллы алунита встречаются очень редко. Обычно он распространен в плотных скрытокристаллических или мелкозернистых агрегатах.

Г е н е з и с Алунит образуется в результате воздействия серноокислых гидротермальных растворов на изверженные горные породы (главным образом туфы и лавы), богатые щелочными полевыми шпатами. Он обычен в парагенезисе с каолинитом, гидрагиллитом. Минерал образуется также в осадочных породах в результате воздействия на них серной кислоты, появляющейся вследствие окисления сульфидов (преимущественно пирита или марказита).

Д и а г н о с т и к а Для алунита характерным признаком являются своеобразные пятнистые агрегаты, появление которых связано с замещением темноокрашенных туфов. В плотных агрегатах он походит на халцедон, от которого отличается меньшей твердостью, а также на серпентин - отличается парагенезисом. Кристаллы алунита напоминают кристаллы тригональных карбонатов, однако отличаются характером спайности и нерастворимостью в соляной кислоте. Иногда для определения алунита используется химическая реакция (реакция на алюминий): смоченный раствором азотнокислого кобальта он окрашивается с поверхности в синий цвет.

ЯРОЗИТ. Хим. состав - $KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$ Минерал обычно встречается в сплошных мелкозернистых или землистых агрегатах.

Г е н е з и с Ярозит образуется в зонах окисления сульфидных месторождений, богатых пиритом, в условиях сухого полупустынного климата. Ярозит - нестойкий минерал, гидролизуясь, он переходит в гетит или лимонит.

Д и а г н о с т и к а Ярозит походит на лимонит, от которого отличается на ощупь (ярозит при растирании на пальцах кажется жирным, а лимонит - сухим). Иногда он походит на аурипигмент, отличается от него окраской, условиями образования, спайностью и парагенезисом (аурипигмент обычно встречается в ассоциации с реальгаром).

Таблица 7

Минералы белого или охристо-жёлтого цвета в плотных, иногда землистых агрегатах с твёрдостью от 2,5 до 4

	Алунит	Ярозит
Сингония	Т р и г о н а л ь н а я	
Облик кристаллов	Р о м б о э д р ы (кристаллы мелкие встречаются редко)	
Агрегаты	Плотные, мелкозернистые	Землистые, зернистые
Цвет	Белый с сероватым, жёлто-ватым, красноватым оттенками	Охристо-жёлтый, лимонно-жёлтый
Черта	Белая	Жёлтая
Блеск	Стекланный, у плотных и землистых разновидностей - матовый	
Спайность	Я с н а я по (0001)	
Твёрдость	3,5 - 4	2,5 - 3,5
	в землистых агрегатах падает до I	
Уд. вес	2,8	3,2
Другие свойства		Жирный на ощупь
Генезис	Гидротермальный	Экзогенный - зона окисления сульфидных месторождений
Применение	В химической промышленности для получения квасцов и сульфата алюминия. Сырьё для получения алюминия.	Для производства полировальных порошков

**Группа минералов, легко раство-
ряющихся в воде и обладающих
вкусом**

Класс сульфатов включает в себя довольно многочисленную группу легко растворимых в воде минералов, обладающих специфическим вкусом. Из этой группы рассматриваются лишь наиболее распространенные тенардит Na_2SO_4 , мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, эпсомит $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, халькантит $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, мелантерит $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ калиевые квасцы $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Кристаллизуются минералы в низших сингониях (за исключением калиевых квасцов). Кристаллы обычно мелкие, хрупкие. Наиболее характерны для данной группы выцветы, мелкозернистые агрегаты. Окраска белая, отдельные кристаллы могут быть бесцветными. Твёрдость минералов низкая - менее 2,5, уд. вес менее 2,6, блеск стеклянный.

Происхождение описываемой группы сульфатов экзогенное: химические осадки в озёрах или формируются они в зонах окисления сульфидных месторождений, а также корках выветривания.

Физические свойства описываемых минералов приведены в табл. 8.

ТЕНАРДИТ. Хим. состав - Na_2SO_4 Генезис экзогенный, накапливается в результате дегидратации мирабилита, с которым обычно вместе встречается.

Д и а г н о с т и ф а От всех растворимых в воде галоидных соединений (галит, сильвин, карналлит), карбонатов (сода) и других минералов описываемой группы отличается слабо солоноватым вкусом.

МИРАБИЛИТ (глаубероза соль). Хим. состав $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ Встречается минерал в сульфатных озёрах. В результате дегидратации превращается в тенардит.

Д и а г н о с т и к а От всех похожих минералов (галит, сильвин, карналлит, сода, тенардит) отличается охлаждающим слабо солоноватым вкусом.

ЭПСОМИТ (горькая соль). Хим. состав - $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Распространён минерал в сульфатных озёрах, а также в виде выцветов на поверхности почв и выветрелых горных пород.

Д и а г н о с т и к а От других растворимых в воде минералов отличается горьким вкусом.

КАЛИЕВЫЕ КВАСЦЫ. Хим. состав $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ Обычно распространены в виде выцветов на поверхности почв и выветрелых горных пород. Образование их связано с окислением пирита, а также с фор-

Таблица 6

Минералы белого цвета, легко растворимые в воде, обладают вкусом. Твёрдость и уд. вес низкие

	Тенардит	Мирабилит	Энисмит	Налиевые квасцы	Мелантерит	Халькитит
Сингония	Ромбическая	Моноклинная	Ромбическая	Кубическая	Моноклинная	Триклинная
Облик кристаллов	Дипирамидальный	Коротко-столбчатый	Призматический	Октаэдрический	Игольчатый	Таблитчатый
Агрегаты	Выцветы, сплошные массы, друзы мелких кристаллов, друзы многих бесцветных	Белый, у кристаллов иногда бесцветный	Друзы мелких кристаллов, зернистые	Белый, светло-зеленый, серый	Белый, голубой, в агрегатах - белый	Синий, голубой, в агрегатах - белый
Блеск	Стеклянный	Стеклянный	Стеклянный	Стеклянный	Стеклянный	Стеклянный
Слайность	Слайность по (100)	Слайность по (100)	Слайность по (010)	Слайность по (010)	Слайность по (001)	Слайность по (001)
Твёрдость	2 - 3	1,5 - 2	2 - 2,5	2 - 2,5	2	2,5
Уд. вес	2,6	1,5	1,7	1,8	1,8	2,2
Прочие свойства	Растворимый в воде, слабый растворимый в соляной кислоте	Растворимый в воде, слабый растворимый в соляной кислоте	Растворимый в воде, слабый растворимый в соляной кислоте	Растворимый в воде, слабый растворимый в соляной кислоте	Растворимый в воде, слабый растворимый в соляной кислоте	Растворимый в воде, слабый растворимый в соляной кислоте
Гемезис	Анизотропия в осадках	Анизотропия в осадках	Анизотропия в осадках	Анизотропия в осадках	Анизотропия в осадках	Анизотропия в осадках
Применение	Стеклоплавильное и содовое производство	Стеклоплавильное и содовое производство	Стеклоплавильное и содовое производство	Стеклоплавильное и содовое производство	Стеклоплавильное и содовое производство	Стеклоплавильное и содовое производство

мированием зон окисления сульфидных месторождений.

Д и а г н е с т и к а Имеет резкий сладковатый вяжущий вкус со слабым металлическим привкусом, чем и отличается от других растворимых в воде минералов.

МЕЛАНТЕРИТ (железный купорос). Хим. состав - $FeSO_4 \cdot 7H_2O$
Минерал встречается в нижних частях зон окисления сульфидных месторождений в трещинах и полостях вместе с полуразложившимися сульфидами (преимущественно с пиритом). Реликты пирита иногда придает мелантериту темно-серую и даже черную окраску. Иногда он отмечается в пиритизированных глинах.

Д и а г н о с т и к а. Мелантерит отличается от всех растворимых в воде минералов резким вяжущим вкусом и сильным металлическим привкусом. Походит на халькантит (см.).

ХАЛЬКАНТИТ (медный купорос). Хим. состав - $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
Минерал образуется в зонах окисления сульфидных месторождений в условиях сухого климата.

Д и а г н о с т и к а Имеет резкий вяжущий вкус с сильным металлическим привкусом. Походит на мелантерит. Отличается от него окраской, а также выделением металлической меди на стальной игле. Халькантит, растворяясь в воде, окрашивает её в голубой цвет. Стальная игла, опущенная в такой раствор, покрывается плёнкой меди.

КЛАСС ВОЛЬФРАМАТОВ И МОЛИБДАТОВ

В этот класс входят соли вольфрамовой H_2WO_4 и молибденовой H_2MoO_4 кислот. В составе их принимают участие Ca , Fe , Mn , Pb и др. В числе минералов этого класса имеются как безводные, так и водосодержащие соединения, причем к первым относятся преимущественно вольфраматы, а ко вторым - молибдаты.

В генетическом отношении вольфраматы представлены, главным образом, эндогенными (гидротермальными), а молибдаты - экзогенными образованиями. Наибольшее практическое значение имеют вольфраматы, в число которых входят такие экономически важные минералы, как вольфрамит и шеелит, являющиеся единственными источниками вольфрама.

В классе вольфраматов и молибдатов рассматриваются следующие группы минералов:

- 1) группа вольфрамита;
- 2) группа шеелита;
- 3) группа ферримолибдита.

Группа вольфрамита

Минералы, объединенные в данную группу, представляют собой изоморфную смесь двух компонентов - ферберита - FeWO_4 и гбнерита MnWO_4 . Вольфрамит имеет химический состав $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$. Кристаллизуются минералы в моноклинной сингонии и встречаются, как правило, в виде удлиненных таблитчатых кристаллов (рис. 10). На гранях иногда заметна вертикальная штриховка. Кристаллы нередко встречаются в виде двойников простых или полисинтетических, которые проявляются в виде полос на плоскости спайности.

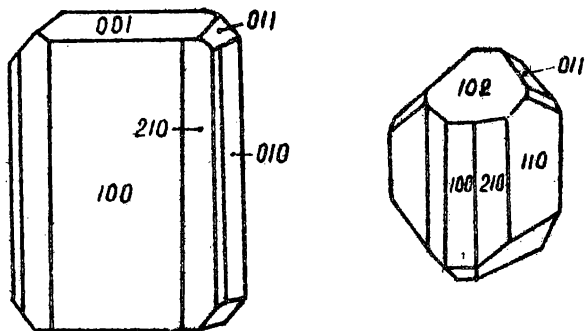


Рис. 10. Габитус кристаллов вольфрамита

Физические свойства ферберита, гбнерита и вольфрамита приведены в табл. 9.

Генезис Встречаются минералы в гидротермальных кварцевых жилах часто в ассоциации с пиритом, арсенипиритом, сфалеритом, касситеритом. В высокотемпературных условиях находятся в парагенезисе с мусковитом, флюоритом, молибденитом и другими минералами. Гбнерит является наиболее низкотемпературным минералом и часто встречается с родохрозитом.

Минералы группы в процессе выветривания довольно устойчивы, поэтому вторичные минералы встречаются редко. Однако в случае интенсивного выветривания они разлагаются, превращаясь в гидрокислы железа и марганца, а также в темно-бурый землистый минерал - ферритунгстит.

Диагностика Минералы группы походят на сфалерит (особенно на его железистую разновидность марматит), гематит, ильменит, колумбит-танталит. От сфалерита отличаются удлиненной формой

Таблица 9

Тёмно-бурые таблитчатые кристаллы с полуметаллическим блеском, спайность в одном направлении по (010), твёрдость 4,5 - 5,5, высоким уд. весом 6,7 - 7,5

	Феррит	Губерит	Вольфрамит
Сингония	М о н о к л и н н а я		
Облик кристаллов	Т а б л и т ч а т ы й		
Агрегаты	Отдельные вкрапленные кристаллы,	призматически - зернистые	
Цвет	Чёрный	Красновато-бурый	Тёмно-бурый до чёрного
Форма	Черная, буровато-черная	Жёлто-бурая до	Бурая, красновато-бурая
Блеск	Д о л у м е т а л л и ч е с к и й,	светло-жёлтой	
Спайность	на плоскости спайности - а л л м а з н ы й		по (010)
Твёрдость	С о в е р ш е н н а я	4,5 - 5,5	
Уд. вес		6,7 - 7,5	
Генезис	Г и д р о т е р м а л ь н ы й		
Применение	Р у д а в о л ь ф р а м а		

кристаллов и зёрен, спайностью (у сфалерита шесть направлений спайности, у минералов группы - одно). Можно также для отличия пользоваться реакцией с соляной кислотой: сфалерит разлагается с выделением специфического запаха сероводорода. От гематита, ильменита и колумбита - танталита отличаются совершенной спайностью и чертой, от ильменита, кроме того, отсутствием магнитных свойств.

Ферберит, вольфрамит и гюбнерит связаны между собой постепенными переходами. Друг от друга отличаются чертой.

Г р у п п а ш е е л и т а

В эту группу входят шеелит CaWO_4 , повеллит CaMoO_4 и вольфенит PbMoO_4 . Минералы встречаются обычно в хорошо образованных кристаллах, а повеллит образует псевдоморфозы по агрегатам и пластинчатым кристаллам молибденита.

Физические свойства минералов приведены в табл. 10.

ШЕЕЛИТ. Хим. состав - CaWO_4 . Примеси - Cu , Mo . Выделяют разновидности - купрошеелит и молибдошеелит, обогащенные соответственно медью или молибденом. Облик кристаллов дипирамидальный, в отдельных случаях приближается по форме к октаэдру (рис. II). Обычно шеелит встречается в виде отдельных вкрапленных кристаллов или зёрен, нередко имеющих правильные квадратные очертания, а также образует сплошные зернистые агрегаты.

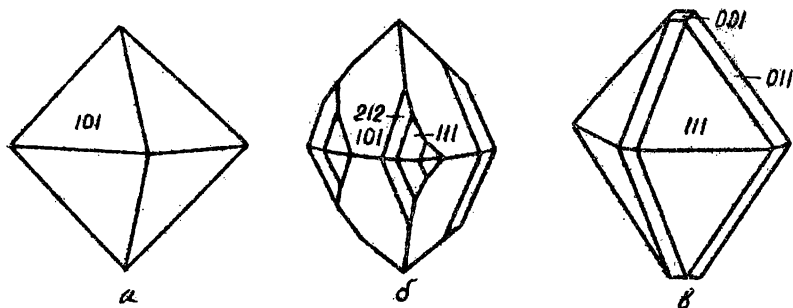


Рис. II. Габитус кристаллов шеелита

Шеелит обладает свойством светиться голубым цветом в ультрафиолетовых лучах. При этом шеелит, содержащий в своём составе медь (купрошеелит), обладает желтовато-зеленым свечением.

Окраска шеелита белая, может быть желтой или зеленовато-желтой. При выветривании, а также под действием соляной кислоты минерал покрывается желтой пленкой, представляющей собой, видимо, меймацит или тунгстит.

При нагревании в соляной кислоте с оловом шеелит и раствор становятся синими.

Г е н е з и с Шеелит образуется в природе при двух геологических процессах - контактовом и гидротермальном. Соответственно выделяются две парагенетические ассоциации:

а) гранатовый скарн, в котором шеелит образует округлые или квадратные выделения обычно вместе с кальцитом, гранатом (андрадитом или гроссуляром), пиритом, халькопиритом, магнетитом, эпидотом;

б) кварцевые или кварц-полевошпатовые жилы иногда с молибденитом, висмутином, вольфрамитом. В этой ассоциации шеелит образует вкрапленники зёрен в кварце, иногда сплошные зернистые агрегаты.

Д и а г н о с т и к а Шеелит относится к трудно диагностируемым минералам. Для него типичны парагенезисы. Походит шеелит на зёрна кварца, флюорита, кальцита, в сплошных зернистых агрегатах - на барит. От кварца отличается меньшей твёрдостью, от флюорита - характером спайности (у флюорита совершенная спайность в четырёх направлениях), блеском. От кальцита, с которым шеелит обычно встречается в скарнах, отличается блеском, спайностью, твёрдостью, а также реакцией с соляной кислотой. При этом, пользуясь HCl , необходимо иметь в виду, что очень часто шеелит по периферии обрастает кальцитом, который, как известно, бурно реагирует с HCl . Поэтому для диагностики следует дать возможность капле соляной кислоты прореагировать с минералом и, убрав прореагировавшую кислоту, наложить вторую каплю HCl . В случае шеелита реакция не возобновится. Под действием соляной кислоты шеелит желтеет с поверхности. Для диагностики шеелита можно воспользоваться таким испытанием - при кипячении шеелита в соляной кислоте с добавлением металлического цинка минерал покрывается синей пленкой. Эту реакцию можно проделать на пластине олова. Иногда она хорошо протекает и без нагревания.

Зернистые агрегаты шеелита от барита отличаются блеском, спайностью.

ВУЛЬФЕНИТ. Хим. состав - $PbMoO_4$ Минерал встречается только в зонах окисления месторождений молибдена в виде одиночных кристаллов таблитчатого или бипирамидального облика (рис. 12), реже образует друзы.

Д и а г н о с т и к а для вульфениита характерен облик крис-

Таблица 10

Кристаллы тетрагональной сингонии с алмазным или жирным блеском, несовершенной спайностью, светлой окраской, твёрдостью 3 - 4,5, высоким уд. весом 4,5 - 6,5

	Шеллит	Бульфенит	Повеллит
	Т е т р а г о н а л ь н а я	О н а л ь н а я	Н а я
Сингония	Тетрагональная	Таблитчатый, уплощенные призмы, дипирамидальный	Кристаллы редки, дипирамидальные
Облик кристаллов	Дипирамидальный	Выраженники кристаллов, друзы	Псевдоморфозы по молибдениту
Агрегаты	Искрапленники кристаллов, зернистые	Медово-жёлтый, оранжевый, красный	Светло-жёлтый, бледно-зелёный
цвет	Белый, светло-серый, жёлтый, зеленовато-жёлтый	Белая	Светлая с зеленоватым оттенком
Черта	Белая	Алмазный	Алмазный, в агрегатах - матовый
Блеск	Алмазный, жирный	Ясная	Несовершенная
Спайность	Ясная	3,5	3,5
Твёрдость	4,5	6,5	4,5
Уд. вес	6		
Другие свойства	Люминесценция голубого цвета	3 0 н а о к м с л е н и я	
Генезис	Контактовый, гидротермальный	Крупных скопленений не образует	
Применение	Руда вольфрама		

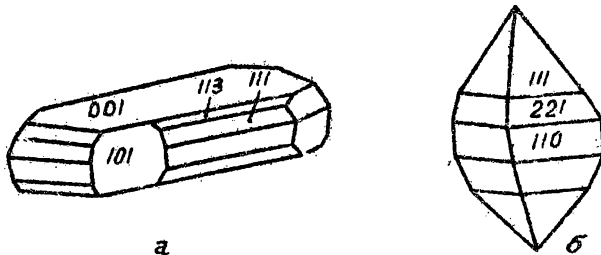


Рис. 12. Кристаллы вульфенита

таллов, окраски. Минералов, похожих на вульфенит, нет.

ПОВЕЛЛИТ. Хим. состав - CaMoO_4 Минерал относится только к вторичным и встречается в зоне окисления месторождений молибдена, содержащих кальцит и другие кальциевые минералы. Повеллит обычно образует псевдоморфозы по агрегатам молибденита, часто встречается в виде оторочек вокруг чешуек молибденита. Тесная пространственная связь с молибденитом имеет диагностическое значение.

Д и а г н о с т и к а Повеллит походит иногда на ферримолибдит, от которого отличается агрегатами (ферримолибдит образует плёнки ярко-жёлтого цвета в трещинках жильного кварца, а повеллит - псевдоморфозы бледно-зелёного цвета по агрегатам молибденита в породах, содержащих кальцит и другие минералы кальция).

Г р у п п а ф е р р и м о л и б д и т а

В эту группу входят ферримолибдит и ферритунгстит, образующиеся в результате окисления и разложения первичных минералов - молибденита и вольфрамита. Они всегда встречаются в рыхлых порошковатых агрегатах.

Физические свойства минералов приведены в табл. II.

ФЕРРИМОЛИБДИТ. Хим. состав $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Д и а г н о с т и к а Ферримолибдит образует жёлтые плёнки, налёты, рыхлые мелкочешуйчатые агрегаты в трещинах жильного кварца месторождений молибдена. Он отмечается в тех случаях, когда в составе жильных тел отсутствует кальцит и другие минералы кальция. Ферримолибдит походит своей окраской на самородную серу, аурипигмент, лимонит, а также на ярозит и минералы группы урановых слюдок отэнит, тьямунит,

Минералы желтого или темно-бурого цвета, рыхлые, землистые агрегаты, твердость I - 2

	Ферримолибдит	Ферритунгстит
Сингония	Ромбическая	Гексагональная
Облик кристаллов	К р и с т а л л ы н е х а р а к т е р н ы	
Агрегаты	Землистые, тонкочешуйчатые, плёнки	
Цвет	Канареечно-жёлтый	Жёлто-бурый, до бурого
Черта	Светло-жёлтая	Буровато-жёлтая
Спайность	С о в е р ш е н н а я	
Блеск	М а т о в ы й	
Твёрдость	I - 2	I - 2
Уд. вес	4,5	4,5
Другие свойства	Легко разлагается в кислотах	
Генезис	З о н а о к и с л е н и я	
Парагенезис	Молибденит	Вольфрамит

карнитит и др. (см.). От самородной серы отличается парагенезисом, отсутствием горючести; от аурипигмента - парагенезисом; от лимонита и ярозита - чертой, цветом (у лимонита и ярозита окраска и черта жёлто-бурые, ржаво-бурые).

ФЕРРИТУНГСТИТ. Хим. состав - $Fe_2(WO_4)(OH)_4 \cdot 4H_2O$ Окраска ферритунгстита зависит от химического состава первичного минерала. При разложении ферберита образующийся ферритунгстит имеет бурую и желто-бурую окраску, при разложении гюбнерита - темно-бурая вследствие появления псиломелана, ассоциирующего с ферритунгститом.

Д и а г н о с т и к а Ферритунгстит - трудно определяемый минерал. Очень походит на лимонит, отличается от него тесным парагенезисом с минералами группы вольфрамит, по которым охотно образует псевдоморфозы.

КЛАСС ФОСФАТОВ, АРСЕНАТОВ И ВАНДАТОВ

По химическому составу в этот класс объединяются минералы, представляющие собой соли фосфорной H_3PO_4 , мышьяковой H_3AsO_4 и ванадиевой H_3VO_4 кислот. В качестве катионов участвуют Ca , Fe , Sr , Ni , Pb , Zn , Si , Al , редкие земли, уран и др.

Выделяют минералы этого класса безводные и водосодержащие, причём эндогенные фосфаты относятся к безводным, а экзогенные фосфаты, арсенаты и ванадаты - к водосодержащим минералам.

Фосфаты образуются как в эндогенных, так и экзогенных условиях, арсенаты и ванадаты - экзогенные минералы.

В классе рассматриваются следующие группы минералов:

- 1) группа монацита;
- 2) группа апатита;
- 3) группа водных фосфатов и арсенатов железа, кобальта и никеля;
- 4) группа урановых слюдок;
- 5) группа бирюзы.

Г р у п п а м о н а ц и т а

В эту группу входит один минерал - МОНАЦИТ (Ce, La) PO_4 . Обычно в качестве примеси присутствует ThO_2 (иногда до 28 %).

С и н г о н и я моноклиная. Всегда встречается в виде вкрапленников мелких единичных кристаллов таблитчатого облика (рис. 13). За эту особенность минерал получил своё название (от греческого слова монадзейн - быть уединенным). Размеры кристаллов редко превышают 10 мм, обычно они имеют 1-2 мм в длину и ширину.

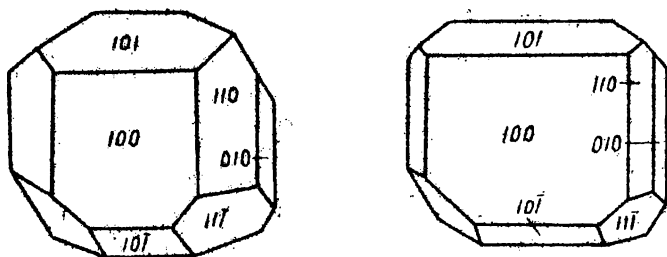


Рис. 13. Габитус кристаллов монацита

Физические свойства Цвет монацита красно-бурый, желто-бурый, иногда красный. Черта светлая, слегка желтоватая. Блеск алмазовидный, жирный. Спайность ясней по пинакoidу (001). Твёрдость Уд. вес Кристал сильно радиоактивный, часто окружен ореолом (жово-бурсо) та, ... ного для большинства радиоактивных минералов.

Г е н е з и с Образуется монацит в нефелиновых и гранитных пегматитах, как акцессорный минерал встречается в гранитах. Известен монацит в карбонатных гидротермальных жилах в ассоциации с доломитом и магнетитом.

В экзогенных условиях монацит довольно устойчив и образует россыпи речные и морские.

П а р а г е н е з и с Монацит распространен как в бескварцевых (нефелиновых пегматиты), так и в кварцсодержащих (гранитные пегматиты) породах. Он находится в ассоциации с цирконом, турмалином, апатитом, ильменитом, магнетитом.

Д и а г н о с т и к а Похожих на кристаллы монацита минералов нет. Монацит легко определяется по характерному облику кристаллов, цвету и парагенезису.

П р и м е н е н и е Монацит используется в качестве источника редких земель и тория. Разрабатываются обычно россыпные месторождения.

Г р у п п а а п а т и т а

В группу входят апатит $Ca_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$, пиромоρφит $Pb_5(PO_4)_3Cl$, миметезит $Pb_5(AsO_4)_3Cl$, ванадинит $Pb_5(VO_4)_3Cl$.

Все минералы группы апатита кристаллизуются в гексагональной сингонии, часто встречаются в призматических кристаллах. Образуются они, за исключением апатита, в экзогенных условиях (в зонах окисления месторождений свинца).

Физические свойства минералов приведены в табл. 12.

У АПАТИТ. В природе обычно встречается фторapatит $Ca_5(PO_4)_3F$, реже - хлорapatит $Ca_5(PO_4)_3Cl$ и гидроксилapatит $Ca_5(PO_4)_3(OH)$. Иногда отмечается карбонатапатит - апатит, содержащий $(CO_3)^{2-}$.

В виде примеси апатит содержит редкие земли (цериевой подгруппы).

Облик кристаллов апатита шестоватый, призматический (рис. 14), грани гладкие, блестящие, иногда наблюдается слабая штриховка вдоль удлинения кристаллов.

В экзогенных условиях апатит образует натечные агрегаты, конкреции, сплошные массы, представляющие механическую смесь с минералами глин, обломками кварца и др. Такие экзогенные образования носят название **ф о с ф о р и т о в**, которые представляют собой, по существу, осадочные горные породы.

Г е н е з и с Образуется апатит при всех эндогенных процессах. Наибольшее практическое значение имеют месторождения апатита магмати-

ческого происхождения, связанные со щелочными изверженными породами (Хибинское месторождение на Кольском полуострове). Апатит находится в парагенезисе с нефелином, микроклином, альбитом, эгирином, сфеном, эвдиалитом и др. минералами. В контактово-метасоматических образованиях апатит встречается с диспидом, скаполитом, флогопитом и др. Фосфориты образуются в морских осадочных породах биохимическим путём и используются в производстве фосфорных удобрений.

Д и а г н о з и к а Апатит относится к числу трудно диагностируемых минералов, за что и получил своё название (от греческого апатао - обманываю).

Кристаллы апатита похожи на кристаллы кварца и берилла. От кристаллов кварца апатит отличается меньшей твёрдостью и характером штриховки граней: у кварца она всегда располагается поперек удлинения кристалла. От берилла апатит отличается меньшей твёрдостью (у берилла твёрдость 8). Кристаллы берилла, так же, как у апатита, гладкие или несут продольную штриховку.

Зернистые агрегаты апатита походят на карбонаты группы кальцита (легко отличаются реакцией с HCl), на флюорит, гипс, сахаровидный альбит. От всех перечисленных минералов апатит отличается своей несовершенной спайностью.

Для диагностики фосфоритов иногда необходимо прибегать к химической реакции на фосфор - раствор молибденовокислого аммония, подкисленного азотной кислотой, вызывает жёлтую окраску фосфорита.

ПИРОМОРФИТ. Хим. состав $Pb_5(PO_4)_3Cl$ Минерал встречается в виде друз призматических кристаллов (рис. 14) в трещинах горных пород. Другая форма агрегатов для него неизвестна.

Г е н е з и с Пироморфит образуется в зоне окисления сульфидных месторождений, содержащих галенит. Фосфор привносится в зону окисления инфильтрующимися поверхностными водами.

Д и а г н о з и к а Пироморфит походит на миметезит (см.) и ванадинит (см.).

МИМЕТЕЗИТ. Хим. состав - $Pb_5(AsO_4)_3Cl$ Минерал получил своё название за сходство кристаллов с кристаллами пироморфита (миметес по гречески - подражатель). Миметезит обычно встречается в кристаллах призматического или уплощенно-призматического облика (рис. 14). Однако известны сплошные массы, натечные агрегаты. Наиболее обычны для миметезита - мелкие друзы в пустотах.

Г е н е з и с Миметезит встречается в зоне окисления сульфидных и сульфоарсенидных месторождений, содержащих арсенопирит, теннантит, кобальтин и другие мышьяковосодержащие минералы.

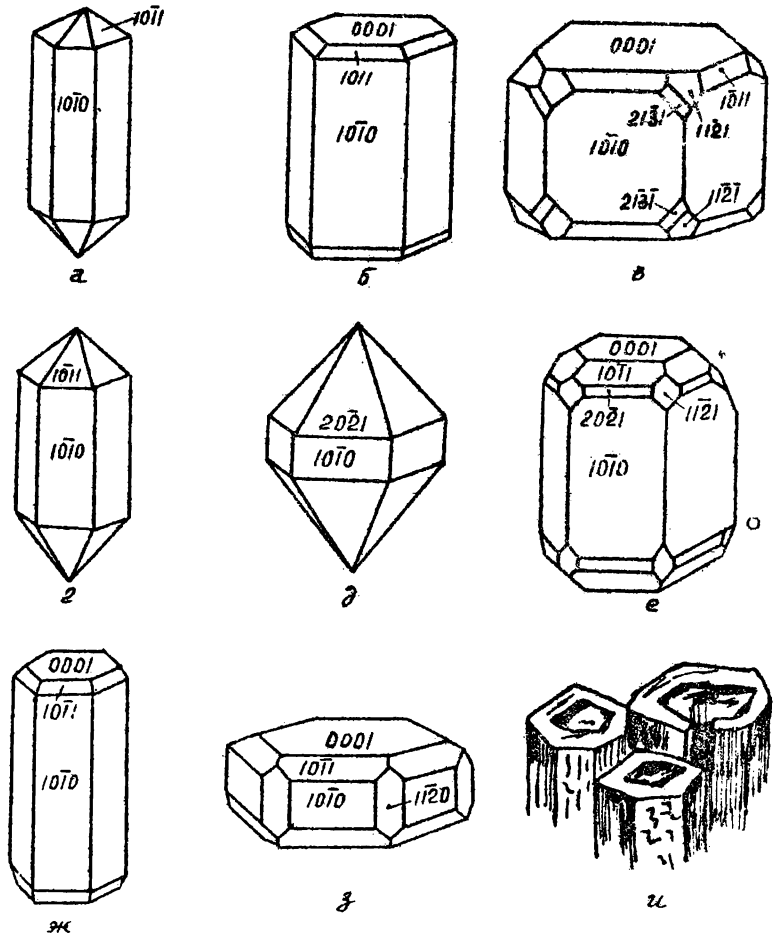


Рис. 14. Габитус кристаллов апатита (а, б, в), пироморфита (г, д, е), миметезита (ж, з) и ванадинита (и)

Д и а г н о с т и к а Миметезит походит на пироморфит и ванадинит (см.). От кристаллов пироморфита отличается медово-жёлтым цветом, парагенезисом с другими мышьяковистыми минералами (скородит, арсеницит).

✓ **ВАНАДИНИТ.** Хим. состав - $Pb_5(VO_4)_3Cl$ Минерал обычно встречается в мелких кристаллах призматического, реже игольчатого облика. Кристаллы ванадинита часто футлярообразные (рис. 14). Агрегаты - друзы мелких кристаллов, а также рыхлые, не связанные друг с другом кристаллы.

Д и а г н о с т и к а Ванадинит походит на пироморфит и миметизит, отличается от них футлярообразной формой кристаллов.

Г р у п п а водных фосфатов и арсенатов железа, кобальта и никеля

В эту группу входят вивианит $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$, эритрин $CO_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$, аннабергит $Ni_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$. Крystalлизуются они в низших сингониях (ромбическая или моноклинная), в кристаллах встречаются редко. Наиболее обычны для них землистые агрегаты, налёты, псевдоморфозы и др. Все минералы группы обладают яркой окраской - синей, розовой, зеленой, невысокой твёрдостью (меньше 3,5).

Образуются минералы в экзогенных условиях, преимущественно в зоне окисления сульфидных месторождений (за исключением вивианита). Все арсенаты играют роль индикаторов, свидетельствующих о наличии в составе первичных руд арсенидов и сульфоарсенидов железа, кобальта или никеля.

Физические свойства минералов приведены в табл. 13.

✓ **ВИВИАНИТ.** Хим. состав - $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ Землистые агрегаты называются "синей железной землей". В неокисленном состоянии окраска вивианита светлая, иногда бесцветная, но на воздухе быстро становится синей или голубой, иногда с сероватым оттенком. У неокисленно-го минерала черта белая.

Вивианит часто образует стяжения и линзы в торфяниках. Образуется он в восстановительной среде, богатой фосфором. Часто встречается в парагенезисе с сидеритом.

Д и а г н о с т и к а. Похожих на вивианит минералов нет, поэтому диагностика его затруднений не вызывает.

✓ **ЭРИТРИН.** Хим. состав - $Ca_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$ Землистый агрегат и налёты называются кобальтовыми цветами. Своё название минерал получил за окраску (эритрос по гречески - красный).

Образуется эритрин в результате окисления арсенидов и сульфоарсенидов кобальта, часто находится вместе с кобальтином, смальтином, аннабергитом.

Д и н т и к и Похлжих на эритрин минералов нет. Для эритрина характерны цвет, совместное нахождение с минералами кобальта. **АННАБЕРГИТ.** Хим. состав - $Ni_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$ Землистый агрегат и налёты называются никелевыми цветами.

Образуется аннабергит в зонах окисления сульфидных месторождений, содержит арсениды и сульфоарсениды никеля.

Д и а г н о с т и к а Землистые агрегаты и налёты аннабергита зеленого цвета походят на малахит, от которого легко отличается реакцией с HCl (малахит разлагается в соляной кислоте с шипением), а также на некоторые силикаты никеля (гарниерит). От силикатов никеля отличаются парагенезисом - они встречаются в виде налётов в трещинах серпентинита. Аннабергит в таких условиях не встречается.

✓ **СКОРОДИТ.** Хим. состав - $Fe(AsO_4) \cdot 2H_2O$ Частично гидролизованный скородит, окрашенный гидроокислами железа, называется **п и т - и ц и т о м** и обладает ржаво-бурой или бурой окраской. Скородит при ударе издает чесночный запах, за что и получил своё название (скородон по гречески чеснок).

Скородит образуется при окислении арсенопирита, с реликтами которого обычно и ассоциирует. Часто скородит образует и псевдоморфозы по агрегатам и кристаллам арсенопирита.

Д и а г н о с т и к а Определение скородита затруднений не вызывает, т.к. для него очень характерны бипирамидальные кристаллы и ассоциация с арсенопиритом. Исключение представляет гидролизованный скородит - **питтит**, обычно принимаемый за лимонит. Для диагностики питтита необходима химическая реакция на мышьяк. Наиболее простая и достаточно надежная следующая реакция: минерал растворяют в HCl при нагревании в пробирке, добавляют в раствор кусочек цинка. Выделяющийся восстановленный водородом мышьяк в виде бурой пены ползет по стенкам пробирки.

Г р у п п а у р а н о в ы х с л ю д о к

В группу урановых слюдок объединяется 28 водных основных фосфатов, арсенатов и ванадатов, представляющих двойные соли Ca^{2+} , Cu^{2+} , а также Mg^{2+} , Fe^{2+} , Pb^{2+} , Mn^{2+} , Be^{2+} и K^+ с U^{6+} . Уран образует с кислородом комплексный катион $(UO_2)^{2+}$. Наибольшим пространством пользуются соединения с 8, реже с 12 или с 2 молекулами воды. Широко распространены смешанные соединения, в которых принимают участие два катиона (кроме урана) или два аниона.

Кристаллизуются урановые слюдки в тетрагональной, ромбической,

Минералы синего, розового, голубого или зелёного цвета, со стеклянном блеском, невысокой твёрдостью (менее 3,5). Образуют землистые агрегаты, налеты

	✓ Вивианит	✓ Эритрит	✓ Аннабергит	✓ Скородит
Сингония	М о н о к л и н н а я			Ромбическая
Облик кристаллов	Призматический, пластинчатый, игольчатый, волосистый			Дипирамидальный
Агрегаты	Радиально-лучистые, звездчатые, землистые, налёты			Друзы в пустотках, плотные, охристые
цвет	Синий, голубой	Розовый, красный, малиновый	Зелёный	Зелёный, бурый
Черта	Голубая	Б е л а я		
Блеск	Стекланный, в землистых агрегатах - матовый			
Твёрдость	1 - 2	2,5 - 3 (в землистых агрегатах падает до 1)		3 - 3,5
Уд. вес	3	3	3	3,3
Другие свойства	Легко растворяется в соляной кислоте			
Генезис	Железородные месторождения, богатые фосфором, торфяники	Зона окисления месторождений фосфором, торфяники	Зона окисления богатых мышьяком	
Применение	Производство синей краски			

реже моноклинной сингониях. Часто минералы образуют мелкие пластинчатого или таблитчатого облика кристаллы (рис. 15), размеры которых не превышают нескольких мм.

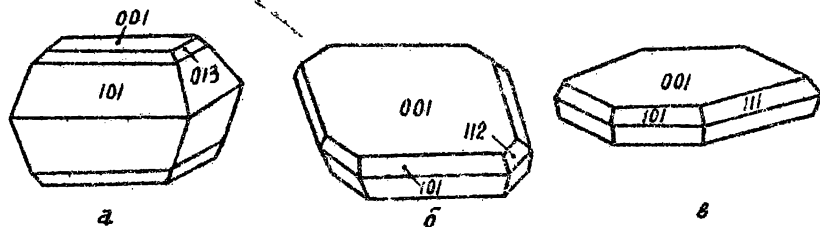


Рис. 15. Габитус кристаллов урановых слюдок: а - торбернит, б - отунит, в - тяжунит

Урановые слюдки образуют тонкочешуйчатые, листоватые агрегаты, напоминающие агрегаты минералов группы слюд, за что и получили своё название. Известны порошковатые разновидности урановых слюдок.

Все минералы описываемой группы имеют ярко-жёлтую или ярко-зелёную окраску, совершенную спайность по пинакoidу (001), стеклянный блеск с перламутровым отливом на плоскости спайности. Твёрдость минералов колеблется в пределах 2 - 2,5, в агрегатах снижается до I. Уд. вес 3-6,2. Урановые слюдки обладают сильной радиоактивностью и легко растворяются даже в слабых кислотах.

По своему происхождению урановые слюдки относятся к экзогенным минералам и образуются в зоне окисления урановых месторождений. Урановые слюдки - индикаторы первичного уранового оруденения, а крупные скопления их используются как источник урана и радия.

В качестве примера в табл. 14 приведены физические свойства четырёх наиболее распространенных и характерных минералов группы урановых слюдок: торбернит - $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8-12 \text{H}_2\text{O}$, отунит - $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, тяжунит - $\text{Ca}(\text{UO}_2)(\text{VO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, кернотит - $\text{K}(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Из таблицы видна близость физических свойств минералов и трудность их определения внутри группы.

Д и а г н о с т и к а Жёлтые урановые слюдки походят на самородную серу, аурипигмент, ярозит. От самородной серы отличаются него-

Тонкочешуйчатые, листоватые, землистые минералы ярко-жёлтого или зелёного цвета с перламутровым блеском, твёрдостью I - 3. Минералы сильно радиоактивные, растворяются в слабых кислотах

	Торбернит	Отунит	Тюямунит	Карнотит
Сингония	Тетрагональная Ромбическая Моноклинная			
Облик кристаллов	Таблитчатые, пластинчатые			
Агрегаты	Тонкочешуйчатые, пластинчатые, землистые			
Цвет	Изумрудно-зелёный	Жёлтый, иногда зелёный	Жёлтый	
Блеск	Стекланный с перламутровым отливом на плоскости спайности, в агрегатах - матовый			
Спайность	Совершенная по (001)			
Твёрдость	3 - I			

рочеством, от аурипигмента - иным парагенезисом, от ярозита урановые слюдки отличаются на ощупь (ярозит при растирании на пальцах жирный). Зелёные урановые слюдки походят на хлориты, от которых отличаются радиоактивностью, растворимостью в кислотах, генезисом.

Внутри группы друг от друга урановые слюдки отличаются трудно. Различают их по характерным особенностям кристаллов, окраске и генетическим особенностям. Например, торбернит и отунит чаще встречаются в пегматитах и гидротермальных жилах, в которых они образуются в результате окисления уранинита и других первичных урановых и урансодержащих минералов. Тюямунит и карнотит встречаются в осадочных породах. Тюямунит образуется в пустотках и в трещинах в известняках, а карнотит - обычно в виде отдельных вкрапленников находится в песчаниках. Известно и совместное нахождение этих слюдок в карнотитовых песчаниках и в таком (правда, очень редком) парагенезисе без химического или детального оптического исследования они не различимы.

Группа бирюза

В эту группу входит единственный минерал - БИРЮЗА $\text{Cu}_3\text{Al}_2(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. В виде примеси часто содержит Fe_2O_3 и такел раковид

ность бирюзы называется рашлеит.

Сингония триклинная. Кристаллы коротко-призматического облика, однако встречаются очень редко. Обычно бирюза образует мономинеральные сплошные массы, натечные агрегаты, прожилки в осадочных породах, известны, кроме того, псевдоморфозы её по костям и зубам животных ("костяная бирюза" или одонтолит).

Физические свойства. Цвет бирюзы небесно-голубой, яблочно-зелёный, зеленовато-серый. Блеск восковой. Спайность совершенная, однако вследствие редкости кристаллов это свойство диагностического значения не имеет. Излом раковистый. Твёрдость 5 - 6.

Уд. вес 2,6 - 2,8. Минерал хрупкий.

Генезис Бирюза - экзогенный минерал, образующийся в условиях сухого климата в результате воздействия поверхностных медьсодержащих вод на глинозёмистые изверженные и осадочные породы. Встречается бирюза совместно с лимонитом, халцедоном, каолинитом. Прожилки бирюзы обычно мономинеральны.

Диагностика. Бирюза походит на хризоколла, азурит и малахит. Отличается от них большей твёрдостью, парагенезисом, от малахита и азурита, кроме того, нерастворимостью в HCl .

Применение Бирюза используется как драгоценный камень.

КЛАСС ХРОМАТОВ

В класс хроматов входят соли хромовой кислоты H_2CrO_4 Минералы, принадлежащие к этому классу, немногочисленны и рассматривается лишь один минерал - крокоит.

КРОКОИТ. Хим. состав - $PbCrO_4$

Сингония моноклинная. Облик кристаллов призматический и напоминает сильно удлиненные ромбоэдри (рис. 16).

Агрегаты - друзы кристаллов, изредка друзовидные корочки на стенках трещин.

Физические свойства Цвет крокоита оранжево-красный. Черта оранжево-жёлтая. Блеск алмазный. Спайность совершенная по (110). Твёрдость 2,5 - 3. Уд. вес 6. Минерал хрупкий.

Генезис Крокоит типичный минерал. Он образуется в зоне

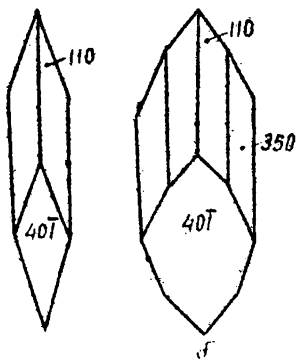


Рис. 16. Габитус кристаллов крокоита

окисления сульфидных месторождений, причем хром заимствуется из вмещающих ультраосновных или основных изверженных пород, относительно обогащенных этим элементом.

Крокоит в парагенезисе с другими минералами обычно не встречается и образует мономинеральные друзы.

Д и а г н о з т и к а Крокоит походит на многие красные и оранжево-красные минералы: реальгар, киноварь, прустит, пираргирит, пироморфит, миметезит. От реальгара отличается парагенезисом (реальгар всегда встречается с аурипигментом) и совершенной спайностью; от киновари, прустита и пираргирита отличается чертой (у этих минералов черта красная); от пироморфита и миметезита крокоит отличается обликом кристаллов и спайностью.

КЛАСС БОРАТОВ

В этот класс объединяются соли ортоборной H_3BO_3 и полиборных кислот. В результате дегидратации ортоборной кислоты появляются метаборная HBO_2 , тетраборная $H_2B_4O_7$ и другие кислоты. В качестве катионов в состав боратов входят Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , в значительно меньшей степени — Fe , Al , Mn .

Кристаллизуются бораты в низших сингониях — ромбической или моноклиной. Облик кристаллов призматический, игольчатый, редко изометрический. Агрегаты их радиально-лучистые, звездчатые, землистые, плотные.

По своим физическим свойствам бораты близки друг к другу. Большая часть относительно распространенных боратов бесцветна или имеет белую окраску. Бораты, в состав которых входит железо, обладают темной окраской и чертой. Блеск минералов стеклянный. Твердость небольшая (до 4,5), за исключением единственного минерала этого класса — борацита, твердость которого возрастает до 7.

В генетическом отношении бораты образуют две группы: минералы эндогенные и минералы экзогенные.

Эндогенные минералы довольно многочисленны, однако, крупных концентраций, за исключением лудвигита, они не образуют.

Экзогенные бораты своим происхождением обязаны нескольким процессам.

1. Наиболее крупные месторождения боратов образуются в результате отложений в современных и третичных озерах в районах кайнозойской вулканической деятельности. В этих условиях формируются известково-натриевые бораты.

2. Химические осадки, генетически связанные с месторождениями га-

лита, сильвина. Бораты представлены магnezияльными минералами.

3. Инфильтрационные месторождения, обусловленные растворением, переносом и переотложением боратов, выщелоченных из месторождений предыдущей группы. Минеральный состав их очень разнообразный.

4. Бораты формируются также в районах современной вулканической деятельности на выходах фумарол, в грязевых вулканах, содержащих бор в виде бурн.

Бораты относятся к важным видам минерального сырья. Они используются для получения металлического бора, применяемого в ядерной технике, в металлургии для легирования сталей, алюминия, меди, никеля и др. В последнее время соединения бора используются для производства ракетного топлива. Находят применение минералы описываемого класса также в стекольной, керамической, кожевенной промышленности, в сельском хозяйстве, медицине.

В этом классе рассматриваются две группы минералов:

- 1) группа экзогенных боратов;
- 2) группа ладвигита.

Г р у п п а э к з о г е н н ы х б о р а т о в

В группу входят следующие минералы: борациит $(Mg, Fe)_3(B_7O_{12})Cl$
гидроборациит $CaMg(B_6O_{11}) \cdot 6H_2O$, ашарит $MgH(BO_3)$, бура
 $Na_2(B_4O_7) \cdot 10H_2O$, иньбит $Ca_3(B_6O_{11}) \cdot 13H_2O$

Физические свойства экзогенных боратов приведены в табл. 15.

БОРАЦИТ. Хим. состав - $(Mg, Fe)_3(B_7O_{12})Cl$. Минерал встречается в виде отдельных вкрапленных кристаллов изометрического облика (рис. 17). Такой псевдокубический облик кристаллов обусловлен способностью борациита к полиморфным превращениям: при температуре ниже 265° он кристаллизуется в ромбической сингонии, а при более высоких температурах (выше 265°) борациит переходит в кубическую модификацию. Редко борациит образует сплошные зернистые мраморовидные агрегаты.

П а р а г е н е з и с Распространен борациит в соляных месторождениях в ассоциации с галитом, сильвином, карналлитом, гипсом, ангидритом. Образуется он в результате дегидратации водосодержащих боратов.

Д и а г н о с т и к а Борациит определяется сравнительно просто своими изометрическими кристаллами и высокой твердостью (7), а также специфическим парагенезисом.

Г И Д Р О Б О Р А Ц И И Т. Хим. состав - $CaMg(B_6O_{11}) \cdot 6H_2O$ встречается в иглочатых, волокнистых агрегатах, а также в натечных сферолитовых,

радиально-лучистых или звездчатых образованиях (рис. 18).

П а р а г е н е з и с . Гидроборацит образуется в соляных озерах и в кровле соляных куполов. Распространен в мономинеральных агрегатах, иногда отмечается парагенезис с гипсом, а также с другими экзогенными боратами.

Д и а г н о с т и к а . Гидроборацит походит на лучистые агрегаты арагонита, цеолиты (особенно на натролит), а также на тремолит и воластонит. От арагонита отличается нерастворимостью в HCl , совершенной спайностью; от цеолитов — низкой твердостью; от тремолита и воластонита гидроборацит отличается низкой твердостью, генезисом и парагенетической ассоциацией.

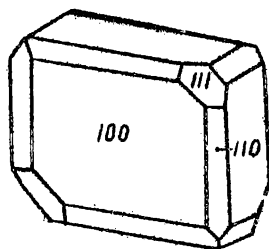


Рис. 17. Габитус кристаллов борацита

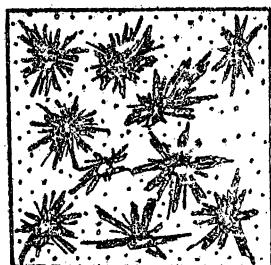


Рис. 18. Звездчатый агрегат гидроборацита

АШАРИТ. Хим. состав — $MgH(BO_3)$. Минерал в кристаллах не встречается. Распространен в мелоподобных белых массах, иногда в виде спутанно-волокнистых агрегатов.

П а р а г е н е з и с Ашарит образуется в результате дегидратации водосодержащих боратов (чаще гидроборацита) в месторождениях галита, где ашарит слагает мономинеральные прожилки.

Д и а г н о с т и к а Ашарит легко определяется по своим мелоподобным агрегатам и специфическим парагенезисом с галитом.

БУРА. Хим. состав — $Na_2(B_4O_7) \cdot 10H_2O$ Кристаллы очень редки. Довольно часто бура образует выцветы и рыхлые мушкетерные агрегаты. Минерал легко растворим в воде и обладает слабым сладковато-щелочным вкусом.

П а р а г е н е з и с Бура встречается в соляных месторождениях вместе с галитом, гипсом, кальцитом, ангидритом, а также слагает выцветы

Таблица 15

Минералы бесцветные или белого цвета, облик кристаллов изометрический, призматический или таблитчатый; друзы, плотные или рыхлые агрегаты, радиально-лучистые или звездчатые. Блеск стеклянный, твердость 4 - 3,5 (за исключением борачита), уд. вес 1,7 - 3, не растворимы в воде (за исключением буря). Все минералы осадочного происхождения

	Борачит	Гидроборачит	Амарит	Буря	Иньокт
Сингония	Ромбическая	Моноклиная	Ромбическая	Моноклиная	
Облик кристаллов	Изометрический	Игольчатый	—	Призматический	Таблитчатый
Агрегаты	Одиночные кристаллы, редко-зернистые	Звездчатые, игольчатые	Мелоподобные	Рыхлые, зернистые, выцветы	Друзы
Цвет	Бесцветный	Белый			
Блеск	Стеклянный	в агрегатах матовый			
Спайность	Несовершенная	Совершенная	—	Несовершенная	Совершенная
Твердость	7	2	3,5	2	2
Уд. вес	3	2,2	2,65	1,7	1,9
Растворимость в воде	Нерастворим	Растворим		Легко растворим	Не растворим
Генезис	Экзогенный	Экзогенный	Эндогенный	Эндогенный	Эндогенный

ты на поверхности почвы в засушливых районах. Отлагается бура также в растворах горячих источников, в бороносных соляных озерах.

Д и а г н о с т и к а Бура относится к сравнительно редким растворимым в воде минералам. Она походит на галит, сильвин, карналлит, от которых отличается формой кристаллов, спайностью и вкусом. От мирабилита и эпсомита отличается цветом. Другие растворимые в воде сульфаты - мелантерит и халькантит - отличаются от буры окраской (бледно-зелёная у мелантерита и голубая - у халькантита) и вкусом.

ИНЬОИТ (иниоит). Хим. состав - $\text{Ca}_2(\text{B}_6\text{O}_{11}) \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ Облик кристаллов таблитчатый. Образует иньоит друзовые корочки, выполняющие пустотки в гипсе, а также сферолиты, имеющие радиально-лучистое строение. Такие сферолиты встречаются в глинистых породах. В воде растворяется очень медленно при кипячении.

Д и а г н о с т и к а От других боратов иньоит отличается обликом кристаллов.

Г р у п п а л ю д в и г и т а

В группе рассматривается лишь относительно распространенный безводный борат эндогенного происхождения - лодвигит, который по своим физическим свойствам резко отличается от экзогенных боратов.

ЛОДВИГИТ. Хим. состав - $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 \text{FeO}_2 (\text{BO}_3)$.

С и н г о н и я ромбическая. Облик кристаллов игольчатый. Агрегаты радиально-лучистые, волокнистые, спутанно-волокнистые, розетковидные.

Ф и з и ч е с к и е с в о й с т в а Цвет черный, зеленовато-черный. Черта зеленовато-черная, темно-зеленая. Блеск стеклянный, у волокнистых разновидностей обычен шелковистый отлив. Спайность несовершенная. Твёрдость 5. Уд. вес 4,7.

Г е н е з и с Лодвигит образуется при контактово-метасоматических процессах. Часто находится в парагенезисе с диопсидом, форстеритом, шпинелью, магнетитом. При выветривании превращается в гидроокислы железа.

Д и а г н о с т и к а Лодвигит походит на некоторые силикаты (турмалин, геденбергит, актинолит, эпидот). Отличается от них темно-окрашенной чертой (у всех силикатов, похожих на лодвигит, черта белая).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие классы выделяются в типе галоидных соединений? Дайте общую характеристику классов.
2. По каким свойствам флюорит отличается от гр. кальцита, барита?
3. Назовите отличительные признаки галита, сидльвина и карналлита.
4. Какие минералы относятся к типу органических соединений?
5. Какие выделяются группы минералов в классе карбонатов?
6. Назовите разновидности кальцита.
7. Назовите диагностику магнезита, доломита, сидерита, анкерита.
8. По каким свойствам смитсонит отличается от халцедона?
9. Какие минералы объединяются в гр. арагонита?
10. По каким свойствам арагонит отличается от кальцита?
11. Дайте общую характеристику группы барита.
12. Назовите диагностику барита и целестина.
13. Назовите отличия между церусситом и англеситом, ангидритом и баритом.
14. По каким свойствам ярозит отличается от лимонита?
15. Назовите минералы кл. сульфатов, легко растворяющихся в воде и обладающих вкусом.
16. Назовите отличительные признаки между вольфрамитом и гематитом, вольфрамитом и колумбит-танталитом.
17. Какие парагенетические ассоциации выделяются у шеелита?
18. Дайте диагностику шеелита. Какой химической реакцией можно определить шеелит?
19. Назовите диагностику апатита.
20. Как образуются эритрин и аннабергит?
21. Какие минералы относятся к гр. урановых слюдок? Назовите их диагностические признаки.
22. По каким свойствам бирюза отличается от хризоколлы, азурита и малахита?
23. Назовите отличия между борацитом и гидроборацитом.
24. С какими минералами встречается в парагенезисе бура?
25. Назовите диагностику лядвигита.

ЛИТЕРАТУРА

Бетехтин А.Г. Минералогия — 6 изд. М.: Госгеолтехиздат, 1950.
— 250 с; — 5 изд., 1961. — 339 с.

2. Баженов А.И., Полуэктова Т.И. Практическая минералогия. - Томск: Ротапринт ТПИ, 1981. - 64 с.
3. Годовиков А.А. Введение в минералогию. - Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1972. - 232 с.
4. Годовиков А.А. Минералогия. - М.: Недра, 1975. - 519 с.
5. Костов И. Минералогия. - М.: Мир, 1971. - 584 с.
6. Лазаренко Е.К. Курс минералогии. - М.: Высшая школа, 1971. - 607 с.
7. Смольянинов Н.А. Практическое руководство по минералогии. 2-е изд., испр. и доп./Под ред. Б.Е.Карского/- М.: Недра, 1972. - 360 с.
8. Соболева М.В., Пудовкина И.Л. Минералы урана: Справочник. - М.: Госгеолтехиздат, 1957. - 408 с.
9. Чухрог Э.В., Бонштедт-Куплетская Э.М. Минералы: Справочник. - М.: Наука, 1963, т. II, вып. I. - 296 с.

УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

Азурит	20 с.	Борацит	52 с.
диагностика	19 с.	диагностика	50 с.
Алунит	27 с.	Бура	52 с.
диагностика	26 с.	диагностика	53 с.
Ангидрит	23 с.	Ванадинит	42 с.
диагностика	24 с.	диагностика	43 с.
Англезит	23 с.	Вивианит	45 с.
диагностика	24 с.	диагностика	43 с.
Анкерит	13 с.	Вольфрамит	32 с.
диагностика	15 с.	диагностика	31 с.
Аннабергит	45 с.	Вульфенит	35 с.
диагностика	44 с.	диагностика	34 с.
Апатит	42 с.	Галит	6 с.
диагностика	40 с.	диагностика	5 с.
Арагонит	16 с.	Гидроборацит	52 с.
диагностика	18 с.	диагностика	51 с.
Ашарит	52 с.	Гипс	24 с.
диагностика	51 с.	диагностика	25 с.
Барит	23 с.	Гюбнерит	32 с.
диагностика	22 с.	диагностика	31 с.
Бирюза	47 с.	Доломит	13 с.
диагностика	48 с.	диагностика	12 с.

Иньонит	52 с.	Сильвин	6 с.
диагностика	53 с.	диагностика	5 с.
Кальевые квасцы	29 с.	Скородит	45 с.
диагностика	30 с.	диагностика	44 с.
Кальцит	13 с.	Смитсонит	13 с.
диагностика	12 с.	диагностика	17 с.
Карналлит	6 с.	Сода	19 с.
диагностика	7 с.	диагностика	19 с.
Карнатит	47 с.	Тенардит	29 с.
диагностика	46 с.	диагностика	28 с.
Крокоит	48 с.	Торбернит	47 с.
диагностика	49 с.	диагностика	48 с.
Людвигит	53 с.	Тыяунит	
диагностика	53 с.	диагностика	с.
Магnezит	13 с.	Урановые слюдки	44 с.
диагностика	12 с.	диагностика	46 с.
Малахит	20 с.	Ферберит	32 с.
диагностика	19 с.	диагностика	31 с.
Мелантерит	29 с.	Ферримолибдит	37 с.
диагностика	30 с.	диагностика	36 с.
Меллит	8 с.	Ферритунгстит	37 с.
диагностика	9 с.	диагностика	37 с.
Миметезит	42 с.	Флюорит	6 с.
диагностика	41 с.	диагностика	4 с.
Мирабилит	29 с.	Халькантит	29 с.
диагностика	28 с.	диагностика	30 с.
Монацит	38 с.	Целестин	23 с.
диагностика	39 с.	диагностика	22 с.
Отунит	47 с.	Церуссит	16 с.
диагностика	46 с.	диагностика	18 с.
Парафин	8 с.	Шеелит	35 с.
диагностика	9 с.	диагностика	34 с.
Пироморфит	42 с.	Эпсомит	29 с.
диагностика	40 с.	диагностика	28 с.
Довеллит	35 с.	Эритрин	45 с.
диагностика	36 с.	диагностика	44 с.
Родохрозит	с.	Ювеллит	8 с.
диагностика	15 с.	диагностика	7 с.
Сидерит	15 с.	Янтарь	8 с.
диагностика	с.	диагностика	9 с.
		Лррозит	27 с.
		диагностика	26 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Тип галоидных соединений	3
Класс фторидов и хлоридов	4
Тип органических соединений	7
Тип кислородных солей	9
Класс карбонатов	10
Класс сульфатов	20
Класс вольфрамов и молибдатов	30
Класс фосфатов, арсенатов и ванадатов	37
Класс хроматов	48
Класс боратов	49
Вопросы для самопроверки	54
Литература	54
Указатель минералов	55

Александр Иванович Баженов
Тамара Ивановна Полуэктова

Практикум по минералогии

Учебное пособие

Научный редактор доц., к.г.-м.н. А.И.Баженов

Редактор Т.И.Антипова

Технический редактор Н.А.Вихорь

Подписано к печати 20.05.85. КЗ 03063.

Формат 60x84/16. Бумага тетрадная

Плоская печать. Усл.печ.л. 3,31. Уч.-изд.л. 3.

Тираж 500 экз. Заказ №872 Цена 15 к.

Ротапринт ТИИ, 634004, Томск, пр. Ленина, 30.