

*Н. А. Смольянинов*

**практическое**

**руководство**

**по минералогии**

549.1/074

Н. А. СМОЛЬЯНИНОВ

# ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО МИНЕРАЛОГИИ

*Допущено*

*Министерством высшего и среднего  
специального образования СССР  
в качестве учебного пособия  
для студентов геологических специальностей вузов*

Издание второе,  
исправленное и дополненное

Научный редактор Б. Е. КАРСКИЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»  
МОСКВА 1972

398

552

С51

УДК 549.1

Смолянинов Н. А. Практическое руководство по минералогии. Изд. 2-е, испр. и доп. Науч. ред. Б. Е. Карский. М., «Недра», 1972. 360 с. Алф. список и указ. минералов: с. 331—353.

В первой части книги приведены краткие общие сведения по минералогии, вторая содержит описание 450 минералов. В третьей части приводятся определители — макроскопическим способом и при помощи паяльной трубки, — охватывающие важнейшие минералы. Даны справочные таблицы. Руководство является полезным и необходимым пособием при изучении и определении минералов. Оно может быть использовано в качестве учебного пособия для геологических специальностей вузов.

Иллюстраций 214, таблиц 4.

2—9—2

2—72



### ОТ АВТОРА

Настоящая книга рассчитана на лиц, уже имеющих общую подготовку по химии, кристаллографии и минералогии. Поэтому при ее составлении автор не избегал специальных терминов и только вначале счел необходимым напомнить некоторые основные минералогические понятия.

Книга состоит из четырех частей. Первая часть является кратким конспектом общих сведений по минералогии. Вторая содержит описание 450 минералов, интересных или своей практической ценностью, или в качестве поисковых признаков на другие минералы, или как объекты научного значения. В третьей части приведены определители — макроскопический и при помощи паяльной трубки. Определители не охватывают всех описанных минералов, но все важнейшие минералы, доступные этим методам, в них вошли. В четвертой части даны таблицы справочного характера.

При составлении книги были использованы в основном следующие пособия и руководства:

Болдырев А. К. Курс описательной минералогии. Вып. 1, 2 и 3, 1926—1935.

Бетехтин А. Г. и др. Курс минералогии, 1936.

Бетехтин А. Г. Минералогия, 1950.

Бетехтин А. Г. Курс минералогии, 1951.

Вернадский В. И. История минералов земной коры, Т. I, вып. I, 1923.

Дана Э. С. Описательная минералогия, 1937.

Дэна Дж., Д. и др. Система минералогии, т. I, ч. 1 и 2, т. 2, ч. 1 и 2, 1950—1954.

Dana's System of Mineralogy, 1920.

Земятченский П. А. Учебник минералогии. Описательная часть, 1910.

Лазаренко Е. К. Курс минералогии, 1951.

Лебедев Г. Учебник минералогии, 1907.

Минералы СССР, т. 1 и 2, 1940.

Шубникова О. М. Новые минеральные виды и разновидности, открытые в 1945—1949 гг. Тр. Ин-та геол. наук СССР, вып. 144, 1953.

Н. Смольянинов

## ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

После выхода в свет «Практическое руководство по минералогии» было быстро распродано и в настоящее время стало библиографической редкостью. Использование его в течение многих лет при преподавании минералогии показало, что оно является полезным и необходимым пособием при изучении и определении минералов.

Автор книги Николай Алексеевич Смольянинов был выдающимся знатоком минералов. Книга составлена на основании огромного практического опыта по определению минералов.

Раздел «Краткие сведения о минералах» является сжатым конспектом общей части минералогии, необходимым для овладения трудным искусством определения минералов. Значительную часть книги занимает описание минералов. Учитывая, что в учебниках минералогии А. Г. Бетехтина (1950, 1951, 1961) и А. К. Лазаренко (1971) приводится характеристика структур, состава и свойств минералов, при редактировании книги было решено краткие сведения о минералах оставить в первоначальном виде. Некоторые изменения внесены в классификацию силикатов и исправлены формулы ряда минералов. Определители минералов по внешним признакам и при помощи паяльной трубки дополнены и уточнены. Справочные таблицы важнейших парагенетических рядов минералов и списки минералов некоторых минералогически интересных месторождений СССР исправлены, но в целом оставлены в прежнем виде. Значительно пополнены списки минералов по элементам. В связи с тем, что вышли в свет «Минералогические таблицы» Х. Штрунца (1962) в русском переводе и «Кристаллохимическая классификация минеральных видов» А. С. Поваренных (1966), отпала необходимость в полном перечне минералов в алфавитном списке в конце книги.

Кроме книг, упомянутых в предисловии автора за последние годы были опубликованы следующие руководства по минералогии.

Бетехтин А. Г. Курс минералогии. М., Госгеолтехиздат, 1961.

Григорьев Д. П. Онтогенез минералов. Львов, изд-во Львов. ун-та, 1961.

Григорьев Д. П. Основы конституции минералов. М., изд-во «Недра», 1966.

Костов И. Минералогия. М., изд-во «Мир», 1971.  
Лазаренко Е. К. Курс минералогии. М., изд-во «Высшая школа»,  
1971.

Лазаренко Е. К. Основы генетической минералогии. Львов,  
изд-во Львов. ун-та, 1963.

Минералы. Справочник, М., Изд-во АН СССР, 1960, 1963, 1965.

Поваренных А. С. Кристаллохимическая классификация мине-  
ральных видов. Киев, изд-во «Наукова думка», 1966.

Штрунц Х. Минералогические таблицы. М., изд-во «Наука», 1962.

При подготовке рукописи второго издания большую помощь ока-  
зали Н. Н. Смольянинова, П. В. Калинин и Е. А. Станкеев.

*Б. Карский*

### Список принятых сокращений

- Гекс. с.— гексагональная сингония  
Куб. с.— кубическая сингония  
Мон. с.— моноклинная сингония  
П. п. тр.— перед паяльной трубкой  
Пл. п. тр.— пламя паяльной трубки  
Ромб. с.— ромбическая сингония  
Скр-кр.— скрытокристаллический  
Сп.— спайность  
Тв.— твердость  
Тетр. с.— тетрагональная сингония  
Триг. с.— тригональная сингония  
Трикл. с.— триклинная сингония  
Уд. в.— удельный вес  
Вид симм.— вид симметрии  
Вес % — весовые проценты

## КРАТКИЕ ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МИНЕРАЛАХ

**Что такое минерал.** Минералы — природные физически и химически однородные тела, возникающие в земной коре в результате физико-химических процессов без какого-либо специального вмешательства человека в эти процессы. В этом отличие минералов от искусственных продуктов, получаемых в лабораториях, на фабриках и заводах. С физико-химической точки зрения каждый минерал отвечает определенному состоянию и составу среды, в которой он возникает.

В большинстве случаев минералы — твердые тела, иногда — жидкие и газообразные. Химический состав их в общем укладывается в химическую формулу. Каждому минералу отвечает определенный комплекс физических признаков, несколько варьирующих в пределах минерального вида в зависимости от колебания состава, механических примесей и т. п.

Всего минералов более 2000, а их названий почти втрое больше, так как некоторые минералы имеют несколько названий в зависимости от различия признаков, которые позволяют говорить о разновидностях. Из указанного числа минералов только несколько десятков являются широко распространенными, остальные редки. Одни минералы встречаются в виде огромных масс, например железорудные, другие, напротив, в количествах, едва достаточных для анализа и изучения их физических свойств. Часто минералы находятся в трудно разделимых смесях. Отсюда трудность получения минерала в чистом виде и опасность принять смесь за самостоятельный минерал. Известно немало случаев, когда, ранее установленные «минералы» оказывались смесями.

Ежегодно открывают много новых минералов.

**Задачи минералогии.** Из определения минерала следует, что минералогия должна заниматься изучением не только минералов — их состава, структуры, свойств и условий нахождения в природе, но и процессов минералообразования и всех тех изменений и превращений, которые испытывают минералы в земной коре от момента их зарождения до полного разрушения.

Такое понимание минерала и минералогии дал основоположник современной минералогии В. И. Вернадский.

Основные задачи минералогии: а) изучение физических свойств минералов во взаимной связи с химическим составом и кристаллическим строением с целью промышленного использования и выявления

новых видов минерального сырья; б) изучение условий, способа, явлений и последовательности образования (генезис) и закономерностей совместного нахождения минералов в природе, обусловленных одинаковым происхождением (парагенезис), для совершенствования методов поисков полезных ископаемых и комплексного использования минерального сырья.

**Химический состав минералов.** Состав минералов выражается цифрами валового химического анализа в весовых процентах и в виде химических формул. Например, содержание элементов или окислов (в %)

1. Fe 30,47 Cu 34,40 S 35,87	2. SiO <sub>2</sub> 55,12 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 22,99 Na <sub>2</sub> O 13,53 H <sub>2</sub> O 8,27
Сумма 100,74	Сумма 99,91

Для получения формулы минерала надо указанные цифры весовых процентов поделить на соответствующие атомные или молекулярные веса. Получим атомные и молекулярные количества. Числа, пропорциональные им и по возможности упрощенные, служат коэффициентами в химической формуле минерала. Ниже даются примеры расчета.

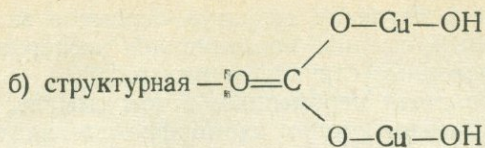
I. Весовые %	Атомные количества	Отношения между атомными количествами	Формула (минерал)
Fe 30,47	$\frac{30,47}{56} = 0,544$	1	FeCuS <sub>2</sub>
Cu 34,40	$\frac{34,40}{63,5} = 0,541$	1	(халькопирит)
S 35,87	$\frac{35,87}{32} = 1,120$	2	
II. Весовые %	Молекулярные количества	Отношения между молекулярными количествами	Формула (минерал)
SiO <sub>2</sub> 55,12	$\frac{55,12}{60} = 0,9187$	4	4SiO <sub>2</sub> · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · Na <sub>2</sub> O · 2H <sub>2</sub> O или
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 22,99	$\frac{22,99}{102} = 0,2254$	1	H <sub>4</sub> Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>14</sub> =
Na <sub>2</sub> O 13,53	$\frac{13,53}{62} = 0,2182$	1	= H <sub>2</sub> NaAlSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub> =
H <sub>2</sub> O 8,27	$\frac{8,27}{18} = 0,4594$	2	= Na [AlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ] · H <sub>2</sub> O (анальцит)

Формулы называются эмпирическими, если они дают представление только о химическом составе минерала. Формулы, которые, кроме того, позволяют судить о типе химического соединения, о взаимных связях между его отдельными элементами называются структурными или кристаллохимическими.

Примеры:

1. Формулы малахита:

а) эмпирическая — H<sub>2</sub>Cu<sub>2</sub>CO<sub>5</sub>

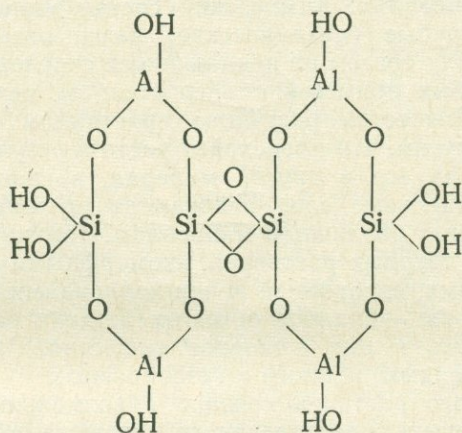


$(\text{CuOH})_2[\text{CO}_3]$  — основная медная соль угольной кислоты или  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$

2. Формулы каолина:

а) эмпирическая —  $\text{H}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9$

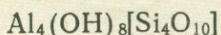
б) структурная, по В. И. Вернадскому



или  $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$

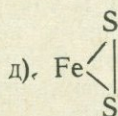
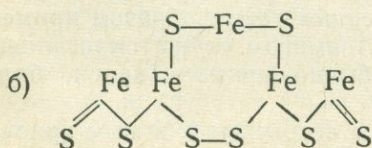
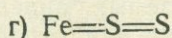
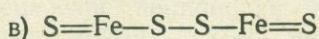
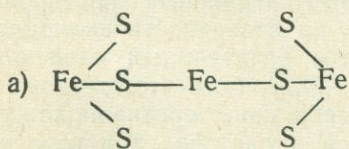
(гидрат алюмокремневой кислоты)

в) современная структурная, по данным рентгеновского исследования:



(основной силикат алюминия листовой структуры).

Установление структурных формул прежде представляло большие трудности и недостаточно обосновывалось. Вследствие этого одному и тому же минералу часто приписывались различные структурные формулы. Пириту, например, приписывались следующие формулы:



В настоящее время в области изучения структур огромное значение приобрел рентгеноструктурный анализ, позволивший экспериментальным путем устанавливать реальные структуры минералов.

Состав многих минералов является переменным в том смысле, что одни элементы или группы элементов могут изоморфно замещаться другими. В формулах в этом случае обозначения взаимно замещающихся элементов разделяют запятой и берут в скобки, преобладающий элемент ставится впереди, например: оливин  $(Mg, Fe, Mn)_2[SiO_4]$ , бронзит  $(Mg, Fe)_2[Si_2O_6]$ , анкерит  $Ca(Mg, Fe)_2[CO_3]_2$ .

Формулы указанного вида дают общее представление о составе минерала. Для того чтобы внести в них большую ясность, необходимо указывать численные отношения между атомными количествами взаимно замещающихся компонентов.

**Примеси в минералах.** Химический состав минералов усложняют разные примеси: грубые (механические) легко отделимые, и тонкие, трудно отделимые или совсем не поддающиеся отделению.

Появление грубых примесей объясняется: а) механическим захватом постороннего вещества растущим кристаллом, б) прорастанием одного минерала другим, что происходит часто в результате разрушения минерала и перехода его в другой минерал, в) зонарным строением минерала, когда отдельные слои отличаются по химическому составу или даже принадлежат различным минералам. Тонкие примеси обуславливаются наличием твердых растворов, изоморфными замещениями или изоморфными смесями, адсорбцией ионов коллоидами.

Твердые растворы — аналоги обычных жидких растворов или расплавов. Растворитель в них — твердое вещество. Растворенное вещество может быть твердым, жидким и газообразным.

Явление твердого раствора связано с возможностью размещения кристаллической решетки растворенного вещества в растворителе без нарушения решетки последнего. Это возможно в минералах с «просторной» решеткой, когда структурные элементы растворенного вещества (ионы, атомы и др.) по своим размерам отвечают промежуткам решетки растворителя. Изоморфные смеси — особый случай твердых растворов. Их компоненты имеют близкие структуры, вследствие чего замещение происходит в узлах общей решетки. Известны многочисленные изоморфные ряды минералов: ряд плагиоклазов (альбит — анортит), группа оливина (форстерит — фаялит), группа гранатов и др. Явлением твердых растворов объясняется нахождение в минералах «рассеянных» элементов. Некоторые минералы, например цинковая обманка, представляют собой очень сложные растворы, в которых на долю одного компонента приходится роль растворителя.

Примеси, наблюдаемые в коллоидных минералах, часто объясняются адсорбцией: поглощением коллоидами различных посторонних ионов. Из коллоидной химии известно, что на поверхности коллоидных частиц, называемых мицеллами, образуется электронный слой положительный (+) или отрицательный (—), благодаря этому слою мицеллы притягивают и удерживают около себя ионы противоположного знака тех электролитов, которые находятся в растворе вместе с коллоидными частицами. Количество захваченных таким образом примесей может достигать нескольких процентов. Примером служат марганцевые коллоидные минералы, содержащие обычно примесь калия, бария, кобальта, меди и других элементов.

**Внешняя форма минералов.** Минералы встречаются в виде кристал-

лов, кристаллических двойников, сростков, зернистых сплошных масс, землистых скоплений, налетов, натеков, корочек и других форм; иногда образуют выделения коллоидного характера, представляющие собой затвердевший студень. Форма минералов обнаруживает много особенностей, благодаря которым она приобретает диагностическое значение. В этом отношении наибольший интерес представляют кристаллы.

Кристаллы по характеру симметрии разделяются на несколько сингоний.

*Кубическая сингония.* Кристаллы кубической сингонии наиболее симметричны. Они встречаются в формах куба, октаэдра, ромбододекаэдра, тетраэдра и др. (рис. 1—6) или же представляют собой комбинации нескольких форм (рис. 7—10). По внешнему виду они отличаются от большинства кристаллов других сингоний своей изометричностью, т. е. приблизительно одинаковыми размерами по длине, ширине и толщине.

*Тетрагональная сингония.* Кристаллы тетрагональной сингонии отличаются в большинстве случаев квадратной формой поперечного сечения. Они часто удлиненного вида; преобладают тетрагональные призмы и пирамиды (рис. 11, 12). Число минералов этой сингонии невелико.

*Гексагональная сингония.* Кристаллы этой сингонии характеризуются присутствием одной оси симметрии 6-го порядка. Кроме того, к этой сингонии относятся кристаллы двух видов симметрии с осью 3-го порядка ( $L^3P$  и  $L^3L^24P$ ). Кристаллы обычно удлинены, гексагональной, редко тригональной формы (рис. 13, 14). В природном развитии они трудно отличимы от кристаллов тригональной сингонии.

*Тригональная сингония.* Кристаллы тригональной сингонии характеризуются присутствием одной оси 3-го порядка (исключаются два указанных выше вида симметрии, относящиеся к гексагональной сингонии). Кристаллы этой сингонии, как и предыдущей, преимущественно удлиненные, гексагонального или тригонального вида, реже укороченные, сплюснутые, чешуевидные. Часто встречаются ромбоэдры и скаленэдры в различных комбинациях (рис. 15). К тригональной сингонии относятся многие распространенные минералы (кварц, кальцит, турмалин и др.).

*Ромбическая сингония.* Кристаллы обычно сложные, призматического вида, представляют собой комбинации несколько различного положения ромбических призм, пирамид и пинакоидов (рис. 16—18). Минералы этой сингонии многочисленны.

*Моноклиная сингония.* Кристаллы по виду напоминают предыдущие, но отличаются меньшей симметричностью, иногда удлиненные, призматические и таблитчатые (рис. 19—22). К моноклиной сингонии относятся многие распространенные минералы: ортоклаз, слюды, пироксены, амфиболы и др.

*Триклиная сингония.* Кристаллы мало симметричны. По виду близки к моноклинным (рис. 23 и 24). Важнейшими представителями являются плагиоклазы.

Природные кристаллы обычно развиваются неравномерно. Вследствие этого они не имеют внешней симметрии и определение их сингонии по внешнему виду затруднительно.

Размеры кристаллов колеблются в широких пределах: от микроскопических до гигантов весом в тонну и более. Встречались кристаллы кварца и полевого шпата в рост человека; кристаллы сподумена из

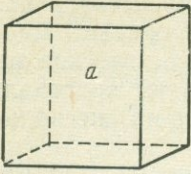


Рис. 1. Флюорит:  
 $a(100)$

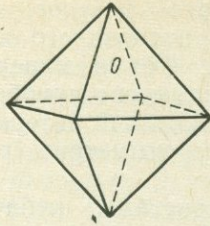


Рис. 2. Шпинель:  
 $o(111)$

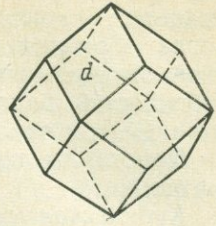


Рис. 3. Гранат:  
 $d(101)$

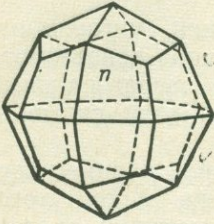


Рис. 4. Лейцит:  
 $n(211)$

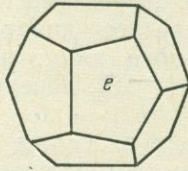


Рис. 5. Пирит:  
 $e(210)$

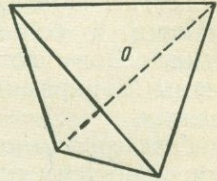


Рис. 6. Тетраэдрит:  
 $o(111)$

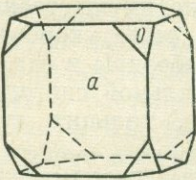


Рис. 7. Сильвин:  
 $a(100), o(111)$

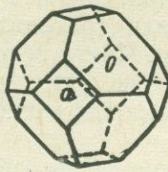


Рис. 8. Галенит:  
 $a(100), o(111)$

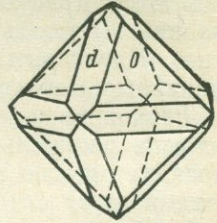


Рис. 9. Шпинель:  
 $d(101), o(111)$

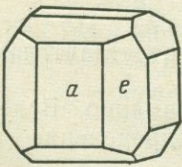


Рис. 10. Пирит:  
 $a(100), e(210)$

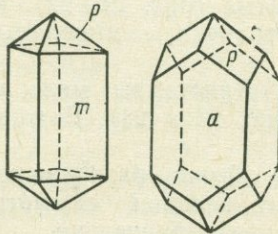


Рис. 11. Циркон:  
 $a(100), m(110), p(111)$

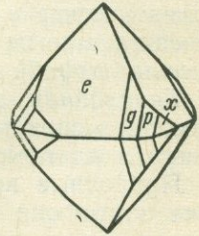


Рис. 12. Шеелит:  
 $e(101), p(111), x(416), g(212)$

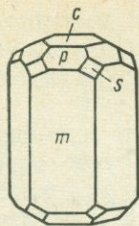


Рис. 13. Берилл:  
 $c(0001)$ ,  $m(10\bar{1}0)$ ,  
 $p(10\bar{1}1)$ ,  $s(11\bar{2}1)$

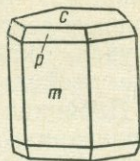


Рис. 14. Нефелин:  
 $c(001)$ ,  $m(10\bar{1}0)$ ,  
 $p(10\bar{1}1)$

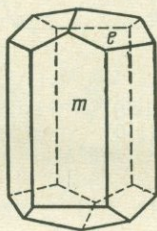
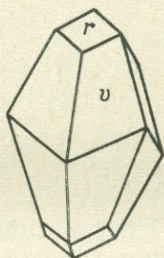
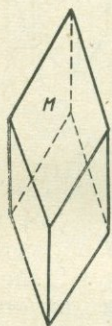


Рис. 15. Кальцит:  $m(10\bar{1}0)$ ,  $r(10\bar{1}1)$ ,  $M(40\bar{4}1)$ ,  
 $v(61\bar{7}5)$ ,  $e(011\bar{2})$

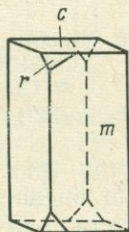


Рис. 16. Андалузит:  
 $c(001)$ ,  
 $m(110)$ ,  $r(101)$

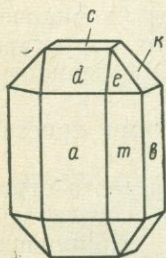


Рис. 17. Оливин:  
 $a(100)$ ,  $b(010)$ ,  
 $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  
 $d(101)$ ,  $k(021)$ ,  
 $e(111)$

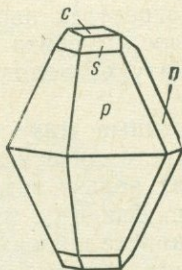


Рис. 18. Сера:  
 $c(001)$ ,  $n(011)$ ,  
 $s(113)$ ,  $p(111)$

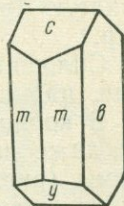


Рис. 19. Ортоклаз:  
 $b(010)$ ,  $c(001)$ ,  
 $m(110)$ ,  $y(201)$

месторождения Кейстон в Дакоте (США) достигали 14 м длины и 1 м толщины. С другой стороны, тончайшая алунитовая пудра Журавлинского месторождения на Урале состоит из идеально правильных кристалликов размером всего около 0,01 мм.

В редких случаях кристаллы бывают одиночными. Чаще они сростаются в виде двойников, образуют друзы, агрегаты, плотные и зернистые массы. Двойники характерны для ортоклаза (рис. 25), альбита (рис. 26), оловянного камня (рис. 27), ставролита (рис. 28),

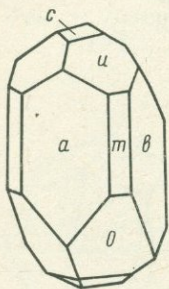


Рис. 20. Диопсид:  
 $a(100)$ ,  $b(010)$ ,  
 $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  
 $u(111)$ ,  $o(221)$

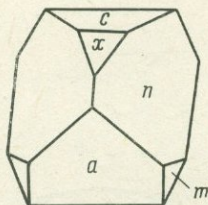


Рис. 21. Сфен:  
 $a(100)$ ,  $c(001)$ ,  
 $m(110)$ ,  $x(102)$ ,  
 $n(111)$

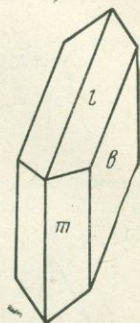


Рис. 22. Гипс:  
 $b(010)$ ,  $m(110)$ ,  
 $l(111)$

киновари (рис. 29), гипса (рис. 30) и др. Нередко хорошо образованные по внешнему виду и как будто одиночные кристаллы в действительности оказываются сложными двойниками. Признаки двойникования иногда можно заметить по характерным двойниковым швам на гранях кристалла (рис. 31). Кроме двойниковых швов, образующих в некоторых случаях сложный рисунок (рис. 32), грани кристалла могут нести штриховку и разнообразные фигуры роста и фигуры травления (рис. 33—35). Все это создает «скульптуру» граней, изучение которой представляет большой интерес и может иметь значение, в частности для диагностики минерала.

Чаще кристаллы встречаются в виде агрегатов или образуют друзы, т. е. группы кристаллов, приросших к общему основанию (рис. 36). В минеральных агрегатах иногда наблюдается упорядоченное расположение кристаллов, в связи с чем различают структуры: лучистую (рис. 37), жилковатую, волокнистую (рис. 38), зернистую и др.

Сплошные массы, сложенные микроскопически мелкими кристаллами, называются скрытокристаллическими.

В коллоидных минералах нельзя заметить кристаллического строения даже под микроскопом. Для них типичны натечные и оолитовые формы (рис. 39 и 40). Раскристаллизованные коллоиды, сохранившие, однако, прежний внешний вид коллоида, называются метаколлоидами.

На поверхности почвы, на скалах и стенках пустот минералы образуют выцветы, налеты и корки (рис. 41). В тонких трещинах образуются дендриты (рис. 42). Форма выделения минералов, легко наблюдаемая в природе, является важным диагностическим признаком.

**Цвет минерала и цвет черты.** Цвет минерала зависит от его струк-

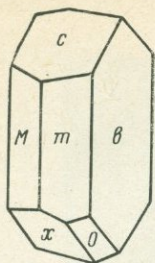


Рис. 23. Альбит:  
 $b(010)$ ,  $c(001)$ ,  
 $m(110)$ ,  $M(\bar{1}\bar{1}0)$ ,  
 $x(101)$ ,  $o(110)$

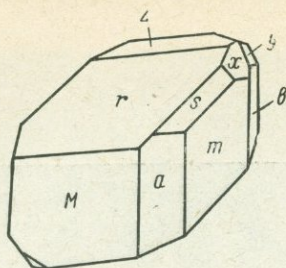


Рис. 24. Аксинит:  
 $a(100)$ ,  $b(010)$ ,  
 $m(110)$ ,  $M(110)$ ,  
 $s(201)$ ,  $y(021)$ ,  
 $x(111)$ ,  $z(112)$ ,  
 $r(\bar{1}\bar{1}1)$

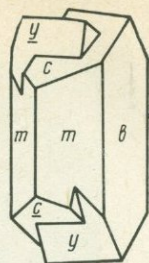


Рис. 25. Двойник ортоклаза

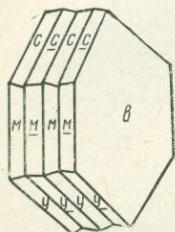


Рис. 26. Полисинтетическое сростание кристаллов альбита

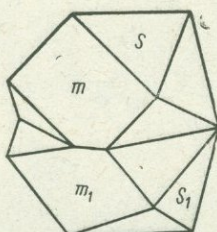


Рис. 27. Двойник оловянного камня:  
 $m(110)$ ,  $s(111)$

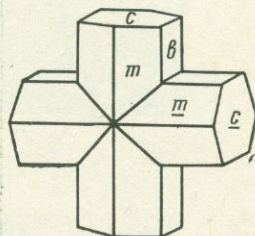


Рис. 28. Двойник ставролита:  
 $c(001)$ ,  
 $m(110)$

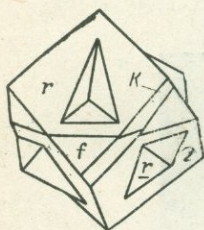


Рис. 29. Двойник киновари:  
 $r(1011)$ ,  
 $f(2025)$ ,  $k(4263)$

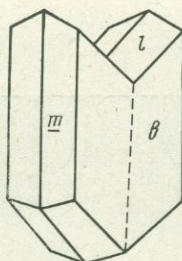


Рис. 30. Двойник гипса:  
 $b(010)$ ,  
 $l(111)$ ,  $m(110)$

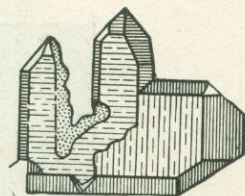


Рис. 31. Двойниковый шов на кварце



Рис. 32. Сложные двойниковые швы на перовските

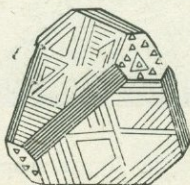


Рис. 33. Фигуры травления и штриховка на сфалерите

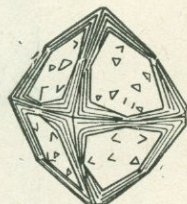


Рис. 34. Фигуры травления на алмазе



Рис. 35. Фигуры роста на кварце

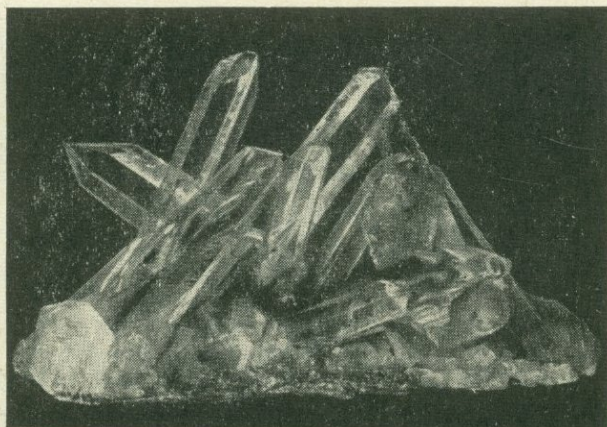


Рис. 36. Друза кварца

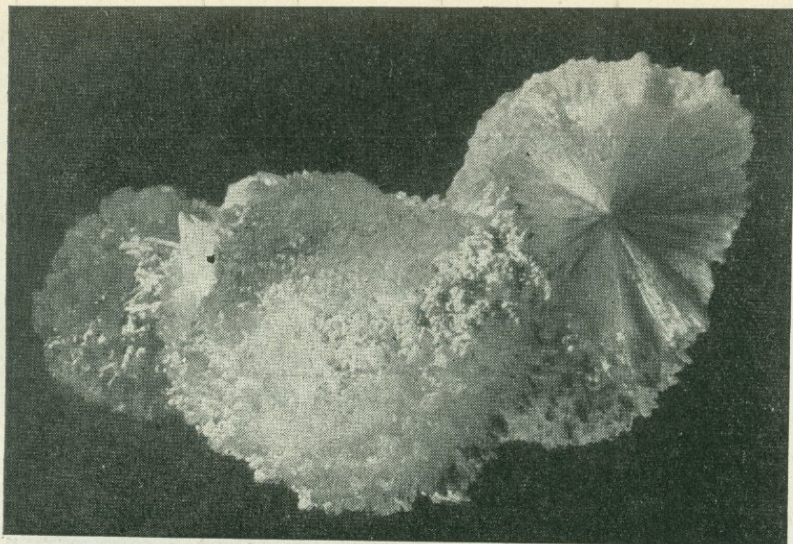


Рис. 37. Сферолиты гидроборацита

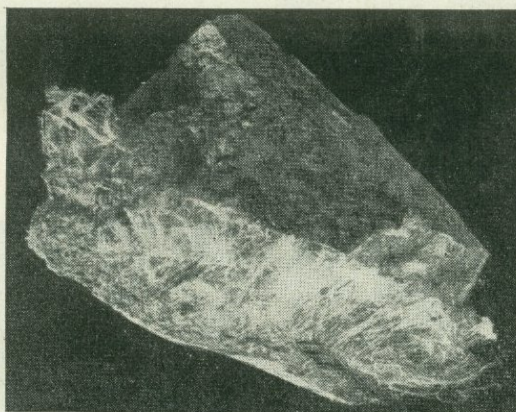
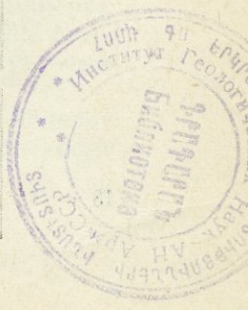


Рис. 38. Волокнистая структура асбеста



Рис. 39. Натечная форма лимонита



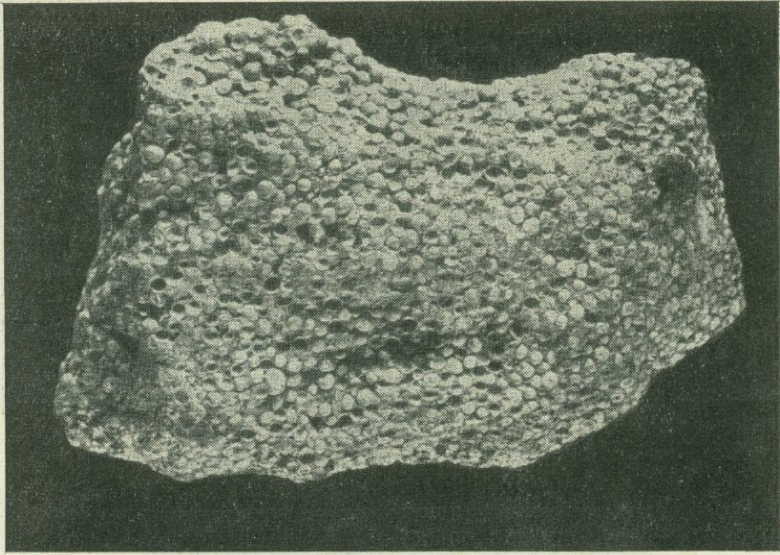


Рис. 40. Оолиты арагонита

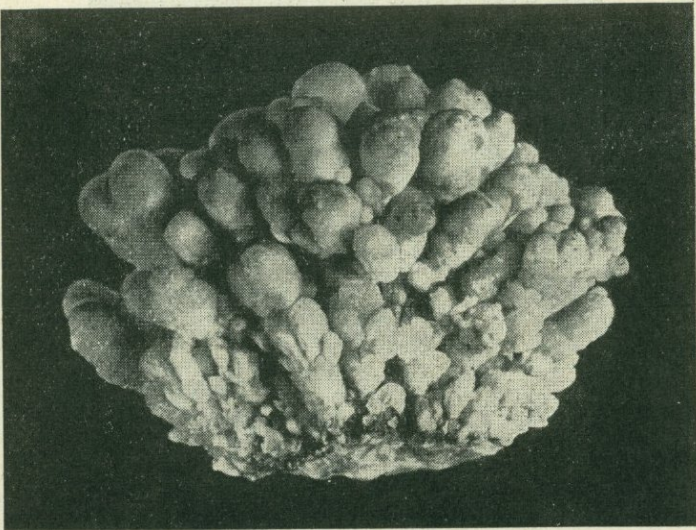


Рис. 41. Корочка кальцита в виде выцвета

турных особенностей, от присутствия в нем красящих элементов (хромофоров) и от механических примесей.

Благодаря хромофорам и примесям цвет одного и того же минерала может быть различным. Цвет следует наблюдать на свежем изломе, так как на поверхности он может измениться в результате выветривания. Это особенно касается сернистых и мышьяковистых минералов. Минералы разного цвета в одном и том же зерне или кристалле называются полихромными (турмалин, топаз, флюорит).

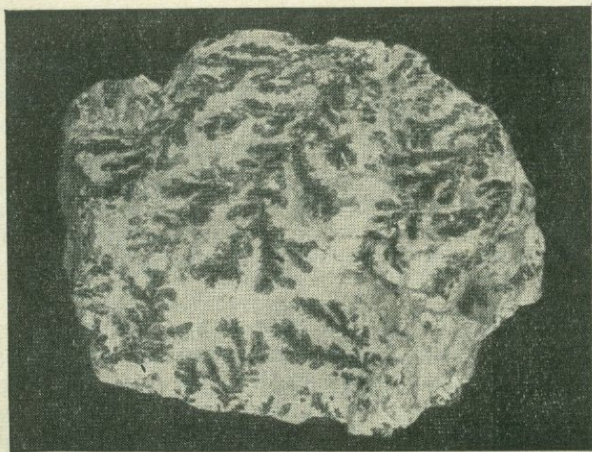


Рис. 42. Дендриты окислов марганца

Кроме цвета в зернах и кристаллах для диагностики минералов имеет значение цвет порошка, определяемый по цвету черты, оставляемой минералом на фарфоровой неглазурованной пластинке — бисквите.

**Блеск.** Блеск зависит от многих причин: показателя преломления, характера отражающей поверхности, трещиноватости, включений посторонних тел и т. п.

Различают минералы с металлическим и неметаллическим блеском. Практически к первым относятся минералы, дающие черную черту и непрозрачные даже в тонких осколках, например уголь, графит, магнетит. Минералы, дающие цветную или белую черту, принадлежат ко второй группе — с неметаллическим блеском.

Исключение представляют самородные золото, медь, серебро и платина, а также сернистые соединения — халькопирит и блеклые руды, которые относятся к группе с металлическим блеском, хотя и дают цветную черту: золото дает зеленоватую черту, серебро — серебряно-белую, медь — медно-красную, халькопирит — зеленоватую, блеклые руды — темно-бурую.

В группе минералов с неметаллическим блеском различаются оттенки блесков: полуметаллический или металлоидный (когда минерал имеет блеск металла, но черта и порошок цветные), алмазный, стеклянный, жирный, шелковистый (волоконистый гипс), перламутровый и др.

**Спайность.** Спайностью называется способность некоторых минералов раскалываться с образованием плоской зеркальной поверхности

по определенным кристаллографическим направлениям. Спайность различается по степени ее совершенства:

- а) весьма совершенная — минерал трудно расколоть в другом, не спайном направлении (слюда, гипс);
- б) совершенная — разлом проходит преимущественно по спайности (полевые шпаты, кальцит, флюорит, барит);
- в) средняя, или ясная, — легко наблюдается, хотя и не принадлежит к двум предыдущим (оливин, сфен);
- г) несовершенная, или неясная, — наблюдается с трудом (апатит, берилл);
- д) весьма несовершенная (кварц).

У некоторых минералов спайность отсутствует (элеолит).

С целью более детальной характеристики принято указывать направление, в котором спайность преходит в кристалле: по кубу (у галенита), октаэдру (у флюорита), ромбододекаэдру (у сфалерита), тетрагональной призме (у скаполита), ромбоэдру (у кальцита) и т. д. Некоторые минералы обнаруживают спайность в кристаллографически разных направлениях: полевой шпат — совершенную по (001) и менее совершенную по (010); барит — совершенную по (001) и менее совершенную по (110).

Число спайных направлений и качество спайности являются очень характерными диагностическими признаками минералов, так же как и кристаллографические направления, по которым проходит спайность. К сожалению, последнее можно установить только в случае хорошо образованных кристаллов. Поэтому при определении минералов приходится обычно ограничиваться указанием числа спайных направлений (одно или несколько) и качества спайности (совершенная, средняя и т. д.).

Явления спайности объясняются строением минералов, в связи с которым силы сцепления в одних направлениях оказываются резко ослабленными по сравнению с силами сцепления в других направлениях.

**Отдельность.** Отдельность — также способность кристаллов раскалываться по определенным направлениям, но, в отличие от спайности, вызванная не особенностью структуры, а внешними причинами: давлением, осаждением на гранях растущего кристалла посторонних веществ, ослабляющих в этих направлениях его прочность. Теоретически по спайности возможно отщепление молекулярно тонких слоев, тогда как по отдельности могут быть отколоты слои только значительной толщины. Иногда отдельность возникает как следствие двойникования. По мнению некоторых исследователей, ее можно представить как результат неоднородности структуры минералов.

**Излом.** Изломом называется поверхность раскола, прошедшая в минерале не по спайности. Различают изломы:

- а) ровный, например по отдельности; поверхность его ровная, хотя и не зеркально ровная, как на разломе по спайности;
- б) ступенчатый — наблюдается у кристаллов с более или менее совершенной и ясной спайностью, например у полевых шпатов;
- в) неровный — характеризуется неровной поверхностью, например у апатита и других минералов с несовершенной спайностью;
- г) занозистый — у минералов волокнистого сложения; напоминает излом древесины поперек волокнистости;
- д) раковистый — формой поверхности напоминает раковину; наблю-

дается преимущественно у минералов без спайности: кварца, опала, халцедона и др.

**Твердость.** Твердость оценивается силой сопротивления, которое оказывает поверхность испытуемого минерала царапающему действию какого-либо остря. Твердость можно выразить в абсолютных единицах, но практически при описании и определении минералов удобнее пользоваться шкалой из небольшого числа минералов, твердость которых принята за эталоны для сравнения. В шкале Мооса, заключающей 10 минералов разной твердости, твердость образцов условно обозначается баллами 1, 2, 3, и т. д. до 10.

Тальк	1	Флюорит	4	Кварц	7	Алмаз	10
Гипс	2	Апатит	5	Топаз	8		
Кальцит	3	Ортоклаз	6	Корунд	9		

Твердость минерала определяется путем сравнения ее с твердостью минералов этой шкалы.

Необходимо установить, действительно ли при царапании одного минерала другим на каком-либо из них получается царапина, так как только в этом случае можно говорить, что один минерал тверже другого. Это можно сделать, расматривая след от царапания через лупу. Для суждения о твердости порошковатого минерала следует минерал шкалы потереть порошковатым минералом. Если при этом блестящая поверхность первого покрывается царапинами, то испытуемый минерал тверже эталона.

Кроме образцов шкалы Мооса, для определения твердости можно пользоваться разными легко доступными предметами, твердость которых известна в цифрах Мооса. Таковы, например, ноготь пальца (тв. около 2,5), медная монета (тв. 3), кусочек оконного стекла (тв. 5,5—6), стальной перочинный ножик (тв. 5,5—6).

Если минерал пишет на бумаге, не царапая ее, — тв. 1. Если минерал царапает бумагу, но сам чертится ногтем, то твердость минерала 2 или <2. Если ноготь не оставляет царапины на минерале, но кончик стального ножа легко, без заметного усилия, чертит по нему, то твердость минерала 3. Если твердость минерала такова, что для получения царапины при помощи ножа надо применить небольшое усилие — тв. 4. Если это усилие значительно, то тв. 5. И, наконец, если минерал чертится ножом при крайнем усилии — тв. 5,5. Минералы с твердостью 6 и больше сами оставляют царапины на ноже и стекле. Таким образом, для испытания твердости минералов до 6 при небольшом навыке вполне достаточно применения ногтя и перочинного ножа. Преобладают минералы с твердостью не выше 7. Минералы с большей твердостью встречаются редко. Из числа последних наиболее обычны некоторые гранаты — тв. 7,5—8, топаз — 8, берилл — 8, турмалин — 8 и корунд — 9. Корунд является единственным минералом с твердостью 9, так же как и алмаз — с твердостью 10. Твердость минерала может быть различной в зависимости от кристаллографического значения грани кристалла, которая подвергнута испытанию. Иногда это различие легко наблюдается: у дистена твердость на плоскости спайности вдоль кристалла 4, а поперек на той же плоскости 6. У кальцита твердость на гранях ромбоэдра (по спайности) 3, а на гранях призмы около 4.

Различаются пассивная и активная твердости. Первая определяется способностью минерала воспринимать царапание, а вторая — его спо-

собностью царапать. Твердость, о которой здесь говорилось, следует называть твердостью царапания в отличие от иных твердостей — сверления, шлифования, удара и т. д., с которыми при определении и описании минералов не приходится иметь дела. Имеются методы количественного определения твердости царапания при помощи особых приборов — склерометров. Кроме того, имеется прибор для определения твердости по фигурам давления<sup>1</sup>.

**Хрупкость, ковкость, упругость.** При диагностике минералов эти свойства имеют второстепенное значение, но для ряда минералов весьма характерны.

Хрупкость — это свойство минерала крошиться при проведении острым ножа царапины на его поверхности. При этом, например на блеклой руде, возникает матовая неровная зазубренная черта с темным порошком по краям.

Под ковкостью подразумевается притупление острых краев минерала при ударе молоточком. При царапании ковкого минерала, например халькозина, на его поверхности получается гладкий блестящий след. Наиболее ярко выражена ковкость у самородных металлов: меди, золота, серебра, зернышки которых на наковальне с помощью молоточка расплющиваются в тонкие пластинки.

Упругость — это свойство вещества изменять свою форму под влиянием деформирующих сил и вновь ее восстанавливать после прекращения их воздействия. Этим свойством обладают, например, пластины слюды и волокна асбеста.

**Удельный вес.** По удельному весу минералы разделяются на четыре группы: легкие — до 2,5; средние — от 2,5 до 4; тяжелые — от 4 до 8 и очень тяжелые — более 8. Наиболее многочисленна группа с уд. в. от 2,5 до 4. Удельный вес зависит от химического состава и структуры вещества. Соединения тяжелых металлов будут относительно тяжелыми; наоборот, минералы легких элементов и минералы, содержащие много воды, будут сравнительно легкими. К последним относятся, например, цеолиты (из класса силикатов) и такие многоводные соединения, как купоросы, квасцы и т. п. Полиморфные минералы, например графит и алмаз, имеют различный удельный вес в связи с различием их структур (уд. в. графита 2,2; алмаза 3,5). Один и тот же минерал может иметь различный удельный вес в зависимости от механических примесей и колебания собственно химического состава.

Для определения удельного веса служат многочисленные приспособления и методы — пикнометр, гидростатические весы, тяжелые жидкости. Тяжелые жидкости имеют особенно большое значение в минералогической практике ввиду быстроты работы с ними и значительной точности получаемых при этом результатов. Метод состоит в том, что данную тяжелую жидкость доводят разбавлением до удельного веса, равного удельному весу испытуемого минерала. При равенстве удельных весов жидкости и минерала последний будет находиться в жидкости в безразличном состоянии. После этого определяют удельный вес жидкости при помощи весов Вестфала и тем самым определяется удельный вес минерала.

Известны: жидкость Туле  $KJ + HgJ_2$  уд. в. до 3,196, разбавляется водой в любых пределах и вновь концентрируется без разложения;

<sup>1</sup> Дмитриев С. Д. «Применение прибора микротвердости ПМТ-2 конструкции М. М. Хрушова и Е. С. Берковича для диагностики минералов». Зап. минер. об-ва, 1949, № 4, стр. 241—252.

жидкость Сушина  $\text{BaJ}_2 + \text{HgJ}_2$  уд. в. 3,588, разбавляется водой; иодистый метилен  $\text{CH}_2\text{J}_2$ , уд. в. 3,33, разбавляется бензолом; жидкость Клеричи (органическое соединение таллия)  $\text{CH}_2(\text{COO})_2\text{Pb}_2 + \text{HCOOTl}$ , уд. в. до 4,27, легко растворяется в воде и не разлагается при выпаривании.

Для практической работы по определению минералов можно приготовить несколько стандартных растворов, например жидкости Туле разных уд. весов: 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,16, чтобы попеременно испытывая отношение минерала к тому или другому из этих растворов, приблизительно определить его удельный вес. Необходимо, чтобы минерал не растворялся в данной жидкости и чтобы жидкость не оказывала на минерал химического действия.

Грубое определение уд. веса производится взвешиванием на руке, но для этого надо, чтобы образец был достаточно крупным и состоял из значительной части из испытуемого минерала.

**Магнитность.** Магнитность свойственна минералам, содержащим Fe, Co, Ni. Она проявляется в полной мере только при действии сильных электромагнитов, которыми притягиваются зерна большого числа минералов, содержащих указанные элементы, особенно железо. Изменяя напряжение электромагнитного поля, можно произвести отбор минералов по степени их магнитности. Сильно магнитными являются: магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ , магномагнетит  $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Fe}_2\text{O}_4$ , пирротин  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ . Они притягиваются в небольших зернах даже слабыми магнитами, вроде намагниченного перочинного ножа или маленькой магнитной подковки; в крупных кусках они действуют на магнитную стрелку.

Испытание на магнитность надо производить следующим образом. Кусочек испытуемого минерала измельчается ударом молоточка, после чего к полученному порошку прикасаются намагниченным перочинным ножом или магнитной подковкой. О магнитности судят по тому, притягиваются или не притягиваются зерна минерала к магниту.

**Электрические свойства.** При трении о шерстяную материю или о кожу на некоторых минералах возбуждается электричество, вследствие чего они начинают притягивать к себе маленькие кусочки бумаги. Такими свойствами обладают сера, эвклаз, янтарь. Минералы кварц, турмалин, каламин электризуются при нагревании (пироэлектричество); так, например, на турмалине на одном конце кристалла появляется положительный заряд (+), а на противоположном отрицательный (-). При охлаждении знаки зарядов меняются. Это явление можно хорошо наблюдать, если предварительно нагретые названные минералы при их охлаждении опылять тонким порошком смеси серы и свинцового сурика  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ . Для этого порошок продувается при помощи небольшого меха через шелковое сито. Проходя через отверстия сита, сера приобретает отрицательный заряд и прилипает к положительно заряженным частям кристалла, окрашивая их в желтый цвет; сурик окрашивает в красный цвет участки с отрицательным электричеством.

**Люминесценция.** Люминесценцией называется свойство многих минералов светиться под влиянием различных внешних воздействий — при нагревании, освещении ультрафиолетовыми или катодными лучами, при действии радиевых излучений, при царапании, разламывании и т. д.

Различают следующие виды свечения:

**Флюоресценция** — чистый случай люминесценции — свечение только в момент действия внешней энергии. К этому случаю относится люминесценция некоторых флюоритов в проходящем свете — фиолетово-

голубые флюориты из Корнуэлса в Англии светятся красивым голубым цветом; отсюда происхождение самого названия «флюоресценция». Шеелит в ультрафиолетовых лучах светится бледным голубым цветом, алмаз в катодных лучах — ярким голубым, реже красным.

Цвет люминесценции для одного и того же минерала иногда может изменяться как по силе свечения, так и по окраске и зависит от многих причин. Тем не менее этот признак является очень важным для диагностики целого ряда минералов (шеелит, циркон, корунд, алмаз).

**Фосфоресценция** — свечение предмета после окончания воздействия на него энергии. Примером может служить арагонит, некоторые разновидности которого светятся в темноте после того, как на них подействовал солнечный свет. Так же ведут себя некоторые флюориты. После нагревания светятся апатит, флюорит, барит и другие минералы.

**Термолюминесценция** — свечение при нагревании. Этим свойством обладают многие окрашенные флюориты. Свечение их иногда наблюдается уже при температуре около 60°; при повышении температуры оно усиливается, но потом при перегреве исчезает и вновь не появляется.

**Триболюминесценция** — свечение при царапании или разламывании — наблюдается у светлых разновидностей цинковой обманки, мусковита (при отслаивании листочков по спайности) и других минералов.

**Горючесть и запах.** Самородная сера, некоторые сернистые минералы и органические вещества, вроде янтара и озокерита, при нагревании легко загораются, издавая характерные запахи; иногда запах начинает ощущаться при выбивании искр. Запах сернистого газа характерен для пирита и марказита, чесночный запах мышьяка — для мышьякового колчедана и других мышьяковистых минералов. При разбивании и истирании в порошок некоторые кварцы, флюориты и кальциты издают своеобразный удушливый запах, напоминающий запах сероводорода. Есть минералы, пахнущие при трении (запах горелой кожи при трении друг о друга желваков фосфорита), другие — при смачивании водой («запах печки» влажного каолина). Многие органические вещества пахнут сами по себе, как, например, асфальт, озокерит и т. п.

Запах многих минералов является следствием захвата минералом пахучих веществ. Таковы пахучие известняки, кварцы, флюориты и др. В этом случае запах имеет генетическое значение, указывая на какие-то особые условия образования минерала.

**Вкус.** Вкусовые ощущения вызывают только растворимые в воде минералы; хлористый натрий (галит) — соленый; квасцы — кислые, вяжущие; сильвин — горьковато-соленый; эпсомит — горький. Испытывая на вкус, мы тем самым до известной степени определяем, растворится ли минерал в воде.

**Шероховатость, жирность.** Ощущения, воспринимаемые от минерала при помощи осязания, в свою очередь, могут иметь значение для диагностики минералов. Различают на ощупь минералы жирные, например тальк и каолин, и сухие, «тощие», при растирании которых между пальцами создается неприятное ощущение шероховатости (алунит, боксит, трепел, мел и др.).

**Гигроскопичность.** Свойство минералов увлажняться, притягивая воду из воздуха, называется гигроскопичностью. Легко растворимые минералы при этом могут расплыться (карналлит), нерастворимые

липнут к языку и влажным губам (каолин, галлуазит, болус). При смачивании водой некоторые сильно гигроскопичные нерастворимые минералы растрескиваются, а при погружении в воду с треском распадаются на кусочки (болус).

**Качественные физико-химические испытания при помощи паяльной трубки.** Вышеописанные свойства минералов называются внешними признаками. Они легко наблюдаются, и иногда их бывает достаточно для определения минералов. В противном случае для этой цели приходится прибегать к помощи качественных химических испытаний и к более глубокому исследованию скрытых физических свойств минералов.

Для быстрого качественного химического анализа служит метод паяльной трубки. Он же позволяет познакомиться с некоторыми важными физическими свойствами минерала, облегчающими его определение, такими, как плавкость, вскипание или вспучивание при нагревании и др.

Изложению приемов анализа минералов при помощи паяльной трубки посвящена в этой книге отдельная глава.

**Оптические свойства минералов.** Оптические свойства минералов имеют очень большое значение для диагностики минералов при их исследовании под микроскопом. Но это специальная область, которая подробно рассматривается в кристаллооптике. В настоящем практическом пособии оптические свойства упоминаются при описании минералов только в сравнительно редких случаях. Поэтому ниже мы ограничиваемся самой краткой характеристикой важнейших оптических свойств.

**Показатели преломления.** Показатель преломления обозначается буквой  $n$  и определяется как отношение

$$n = \frac{\sin i}{\sin r},$$

где  $i$  — угол падения луча, а  $r$  — угол преломления луча.

Минералы кубической сингонии и коллоидные минералы оптически изотропны, они имеют один показатель преломления. Для минералов других сингоний показатели преломления изменяются с изменением направления хода луча в кристалле от некоторого максимального  $n_g$  до минимального  $n_p$ . В кристаллах ромбической, моноклинной и триклинной сингоний, кроме того, различают средний показатель преломления  $n_m$ .

Каждому направлению в анизотропных кристаллах отвечают два разных показателя преломления, так как каждый луч, вступивший в эти кристаллы, распадается на два луча, поляризованных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и имеющих разные скорости распространения, исключение представляют направления оптических осей, по которым лучи проходят, не испытывая двупреломления.

**Оптически одноосные и двуосные минералы.** К оптически одноосным относятся минералы тетрагональной, тригональной и гексагональной сингоний. Характеризующие их оптические свойства индикатрисы представлены одноосными эллипсоидами вращения, оси которых отвечают осям симметрии  $L^4$ ,  $L^3$  или  $L^6$  данного кристалла. Оптически двуосными являются минералы ромбической, моноклинной и триклинной сингоний. Для них указанная поверхность имеет вид трехосного эллипсоида. Геометрическим осям этого эллипсоида по значению отвечают показатели преломления  $n_g$ ,  $n_m$  и  $n_p$ . В трехосном эллипсоиде

есть два круговых сечения, перпендикулярно которым проходят оптические оси. Их две, откуда и произошло название «оптически двуосные минералы». Плоскость, проходящая через оптические оси в двуосном кристалле, называется плоскостью оптических осей.

*Оптически положительные и оптически отрицательные минералы* различаются в зависимости от того, каким направлениям в оптической индикатрисе отвечают  $n_g$  и  $n_p$ . В оптически положительных кристаллах тетрагональной, гексагональной и тригональной сингоний  $n_g$  отвечает направлению оптической оси, т. е. оси симметрии высшего порядка. В оптически отрицательных кристаллах этих сингоний указанным осям симметрии соответствует не  $n_g$ , а  $n_p$  (кальцит). Кристаллы ромбической, моноклинной и триклинной сингоний оптически положительными будут в том случае, когда  $n_g$  отвечает положению острой биссектрисы, т. е. биссектрисы острого угла между оптическими осями. Если этому положению отвечает  $n_p$ , то минерал оптически отрицательный.

*Двупреломление или сила двойного лучепреломления* определяется разностью показателей преломления  $n_g - n_p$ .

*Угол между оптическими осями* обозначается  $2V$ .

*Дисперсия света.* Под дисперсией разумеется рассеяние сложного пучка света внутри кристалла. Дисперсия зависит от преломления отдельных слагающих этот пучок монохроматических лучей, а также от различного положения в кристалле и вида оптических индикатрис, отвечающих лучам различных длин волн.

В связи с дисперсией света в минералах под микроскопом наблюдается ряд оптических явлений, которые подробно рассматриваются в кристаллооптике.

*Плеохроизм.* Плеохроизм — явление, связанное с неодинаковым поглощением света кристаллом при прохождении через него лучей с разными направлениями световых колебаний. Выражается это явление в изменении окраски минерала в зависимости от этих направлений. В одних случаях изменяется цвет окраски, в других — ее интенсивность. Иногда плеохроизм наблюдается макроскопически (в турмалине, эпидоте), но обычно он хорошо заметен в шлифах под микроскопом при одном поляризаторе.

Явление плеохроизма свойственно только некоторым и притом исключительно анизотропным минералам, более или менее ярко окрашенным. Для того чтобы охарактеризовать плеохроизм минерала, указывают цвет минерала в соответствии с направлением колебаний лучей.

**Генезис и генетические признаки минералов.** Минералы могут входить в состав горных пород в качестве породобразующих или встречаться в виде вкрапленников, продуктов изменения ранее бывших минералов и т. п.

Иногда минералы, находясь совместно, образуют тела в виде жил, гнезд, пластов и прочих форм.

Боковые породы у контакта с жилами в некоторых случаях подвергаются значительному изменению и нередко обогащаются различными минералами. Так в результате сколожильного изменения пород возникают:

а) грейзены — породы, обогащенные слюдой и кварцем, иногда содержащие топаз, берилл, оловянный камень, вольфрамит;

б) березиты — породы, обогащенные серицитом за счет разложения главным образом полевых шпатов и пиритом;

в) роговики — скрытокристаллические кремнеземные породы.

В других случаях изменение выражается в обогащении пород карбонатами, хлоритом, иногда каолинитом.

На контакте изверженных пород с боковыми породами возникают контактовые зоны, содержащие минералы, которых не было ни в изверженных, ни в боковых породах. Так на контакте интрузий с известняками появляются своеобразные породы — скарны, содержащие гранаты, диопсид, скаполит, а из рудных — магнетит, шеелит, медный колчедан и др.

На поверхности земли минералы подвергаются химическому выветриванию с образованием вторичных минералов. Минералы, устойчивые по отношению к процессам выветривания и механически прочные, встречаются в россыпях.

Наблюдение геологических условий нахождения минералов в природе приводит к представлению о существовании разнообразных типов генезиса минералов.

*Генезис минералов.* Под генезисом понимается способ и условия образования минералов в природе. Различают следующие типы генезиса.

1. При магматическом генезисе — минералы выделяются из магматического расплава при его застывании на недоступных глубинах или из лавы, излившейся на поверхность земли. Таким путем образовались породообразующие минералы различных изверженных горных пород — оливин, ромбические пироксены, полевые шпаты, нефелин и др. Выделение этих минералов в случае кристаллизации магмы на глубине отвечает главной стадии ее кристаллизации, когда в основном формируется изверженная порода. Естественно, что одновременно с этим происходит постепенное обеднение расплава одними элементами и обогащение другими. В результате создается остаточный расплав, значительно отличающийся от первоначального по составу и свойствам.

2. Пегматитовый тип генезиса связан с кристаллизацией остаточного расплава и образованием особых пород, получивших название пегматитов. Пегматиты часто встречаются в виде жил с характерными для них крупными кристаллами. Наибольшее распространение имеют пегматиты гранитного типа, т. е. богатые кварцем и полевым шпатом. Акад. А. Е. Ферсман, рассматривавший пегматитовый процесс именно как процесс кристаллизации остаточного расплава, богатого летучими компонентами (минерализаторами), различает в нем (в отношении гранитных пегматитов) несколько геофаз, обозначаемых буквами С, D, E, F, G (в порядке снижения температуры). Каждая геофаза характеризуется определенными температурными условиями и определенным минеральным комплексом. Особенно сложны в минералогическом отношении геофазы F—G, отвечающие надкритической температуре 500—450°. Геофаза С характеризуется взаимным прорастанием кварца и полевого шпата с появлением своеобразной письменной (графической) структуры (рис. 43). Список минералов пегматитовых жил приведен на стр. 298.

По мнению акад. А. Н. Заварицкого, пегматиты могут образоваться путем перекристаллизации ранее возникших пород и минералов под воздействием высокотемпературных эманаций.

3. Минералы пневматолитического генезиса образуются при взаимодействии паров и газов между собой или с ранее возникшими минералами. Соответствующие процессы называются пневматолитиче-

скими. Им принадлежит значительная роль при образовании пегматитовых жил и грейзенов.

4. Гидротермальный генезис свойствен минералам, возникающим при участии горячих водных растворов либо путем выделения из растворов, либо в результате воздействия последних на минералы боковых пород. В зависимости от температуры растворов различают высокотемпературные (гипотермальные) минералы и соответствующие им жилы с температурой образования условно от 400 до 300°, средне-

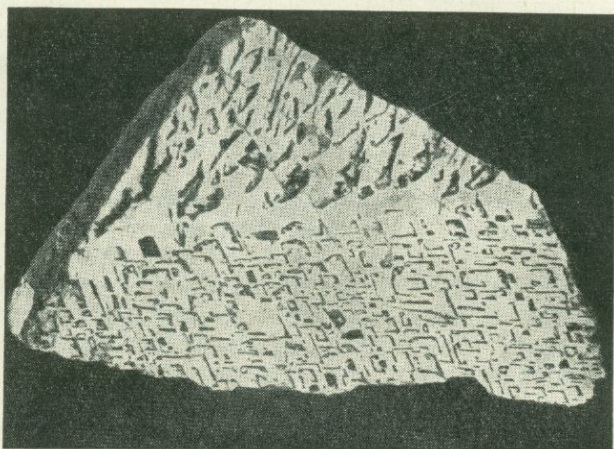


Рис. 43. Письменная структура пегматита

температурные (мезотермальные) минералы и жилы с температурой образования 300—200° и низкотемпературные (эпитермальные) образования — еще более низких температур. Высокотемпературные жилы обычно сопровождаются грейзенами. Околожилные изменения, связанные со среднетемпературными жилами, имеют другой характер; порода обогащается серицитом, карбонатом, хлоритом, иногда пиритом и другими соответственно невысокотемпературными минералами.

Особое место в генетической классификации жил занимают жилы «альпийского» типа или «сухие трещины» — нерудные, но богатые хорошо окристаллизованными минералами (стр. 303). Предполагается, что минералы подобных жил образовались при метаморфизме боковых пород, выделившись из метаморфизовавших породы растворов.

5. Вулканический генезис имеют минералы, образующиеся в связи с извержениями вулканов и застыванием магмы, излившейся на поверхность в виде лавы. Минералы при этом возникают: а) за счет вулканических паров и газов; б) при кристаллизации лавы на глубине перед ее излиянием и на поверхности в условиях быстрого охлаждения; в) в результате гидротермальных процессов, в этом случае они выполняют пустоты и трещины или являются продуктом гидротермального изменения главным образом вулканических пород. Список минералов этого типа генезиса см. на стр. 297.

6. **Метаморфический тип генезиса.** Под метаморфизмом понимаются явления сложных изменений, происходящих в составе и структуре пород и минералов в связи с изменением физико-химических

условий среды. Различают два типа метаморфизма: автометаморфизм — без существенного привноса вещества извне и аллометаморфизм — со значительным привносом и выносом вещества.

К первому относятся динамометаморфизм и пирометаморфизм. Динамометаморфизм, или региональный метаморфизм, протекает в условиях высокого давления; с ним связано образование кристаллических сланцев. Пирометаморфизм характерен для контактовых зон магмы с боковыми породами, когда изменение пород происходит главным образом под влиянием температуры.

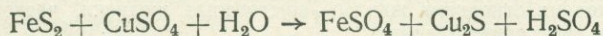
Метаморфизм с привносом вещества имеет место в контактовых зонах. Он протекает под влиянием не только температуры, но и растворов и газов, идущих из магмы. В его развитии особенно велико значение метасоматических процессов, т. е. процессов вытеснения одних минералов и замещения их другими в результате происходящих при этом гидротермальных и пневматолитических реакций. Контактный метаморфизм этого типа в конечном результате приводит к образованию минералов, резко отличных по составу от тех, за счет которых они произошли. Наиболее легко метасоматически изменяются известняки. Иногда при этом возникают своеобразные породы — скарны (см. стр. 301) и крупные месторождения железа, вольфрама, полиметаллов. Списки соответствующих минералов приведены на стр. 299.

Во всех рассмотренных типах генезиса, исключая региональный метаморфизм, минералы возникали или непосредственно кристаллизуясь из магматического расплава, или при участии летучих компонентов и гидротермальных растворов, которые отделялись в процессе дифференциации магмы<sup>1</sup>. Поэтому такие процессы, как магматический, пегматитовый, пневматолитический, гидротермальный и контактово-метасоматический объединяются еще под названием эндогенных. Им противопоставляются экзогенные процессы, иначе гипергенные, или супергенные.

7. Экзогенный тип генезиса. Минералы этого генезиса образуются вблизи поверхности и на поверхности земли при участии поверхностных вод, кислорода воздуха, углекислоты, жизнедеятельности организмов. В этом типе генезиса различаются следующие процессы:

А. Окисление в зоне железной шляпы рудных месторождений. Ему подвергаются сернистые и мышьяковистые минералы, сера и мышьяк которых переходят в кислородные соединения, отчасти типа соответствующих кислот, а металлы выделяются в виде окислов или, реагируя с указанными кислотами, дают соли этих кислот. Название железной шляпы происходит от окислов железа, которые, выделяясь в этом процессе в виде лимонита, концентрируются в верхней окисленной части месторождений (минералы зоны окисления см. на стр. 302).

Ниже зоны окисления и уровня стояния грунтовых вод залегает зона цементации, или зона вторичного сульфидного обогащения. Здесь идут процессы вторичного образования сернистых соединений в результате реакций между первичными сульфидами и сульфатными растворами, получившимися при окислении сульфидов в верхних горизонтах. Например:



<sup>1</sup> Дифференциация магмы — совокупность изменений, которые претерпевает магма при застывании и превращении в породу.

Б. Каолинизация, бокситизация и др. в связи с выветриванием алюмосиликатов и силикатов вблизи поверхности.

В. Осаждение солей и других соединений в водных бассейнах. Так создаются месторождения каменной соли, калиевых, магниевых и других солей, иногда залежи фосфорита, гидратов окислов железа (бурого железняка), боксита.

Г. Биогенные процессы, связанные с жизнедеятельностью организмов и разложением органических веществ.

*Генетические признаки.* С рассмотренными типами генезиса связан ряд признаков, которые могут быть названы генетическими. К ним относятся характер минеральных тел, в которых находятся минералы, способ образования этих тел, последовательность выделения минералов в данном процессе и др. Знание генетических признаков значительно помогает определению минералов, так как во многих случаях они являются для минералов типичными. Кроме того, указание на них делает знакомство с минералами более глубоким и интересным.

**Минеральные тела.** В результате перечисленных типов генезиса возникают различные минеральные тела. Телами магматического происхождения являются, например, батолиты, лакколлиты, штоки, шпильки, дайки; гидротермального — сульфидные и другие жилы; метасоматического — тела, сложенные скарнами, грейзенами; экзогенного — выцветы почв, натёки и другого вида скопления минералов в зоне выветривания, желваки и конкреции в осадочных породах.

Каждое минеральное тело характеризуется помимо происхождения формой, размерами, минеральным составом и строением.

**Батолиты** — огромные массы изверженных пород неправильных очертаний, уходящие на большую глубину.

**Лакколлиты** — интрузивные породы, зажатые в виде грибовидных тел среди осадочных или кристаллических слоистых пород.

**Штоки** — меньшие по сравнению с батолитами интрузивные тела неправильных очертаний.

**Шпильки** — неправильной, иногда округлой формы участки в массе изверженных пород, отличающиеся от вмещающей породы или минеральным составом, или количественным отношением между минералами, или структурой, но имеющие с ней более или менее постепенные переходы.

**Дайки** — жилородные тела, в виде которых застывает магма, проникающая в трещины. Обычно отличаются большим протяжением и выдержанной плитообразной формой.

**Жилы** — образуются при выполнении трещин рудным и иным материалом в результате гидротермальных и других процессов. Имеют различную форму и размеры.

**Миндалины** — округлые или миндалевидной формы включения в лавах.

**Скарновые и грейзеновые тела** — могут быть разнообразной формы в зависимости от минерального состава, структуры первоначальных пород и от многих других причин.

**Налёты** — тонкопорошковатые образования, покрывающие стенки трещин и поверхность минералов и пород. Происхождение может быть различным.

**Выцветы** — порошковатые, или в виде корок и землистых масс выделения различных солей на поверхности почвы или на стенках породы. Образуются в результате высыхания растворов, поднимавшихся по капиллярным порам и трещинам.

**Желваки** — неправильной, часто округлой формы тела, образующиеся в осадочных породах. Различают конкреции, которые разрастаются от центра к периферии, и секретины — растущие от периферии к центру. К числу последних относятся жеоды — пустотелые желваки, часто с кристаллами на внутренних стенках.

Совокупность минералов, слагающих минеральное тело, составляет минеральную ассоциацию.

Возрастные соотношения и генерации минералов. Минералы образуются в ходе процесса одновременно или в известной последовательности. Об этом обычно судят, наблюдая характер пограничных линий между минералами. Очевидно, что один минерал образовался позже другого, если он выделился в трещинках этого минерала, нарастает на него, замещает или цементирует его. Хорошо окристаллизованные минералы часто являются более ранними по сравнению с теми, которые занимают промежутки между ними. Минералы часто растворяются и выносятся, и замещаются другими минералами. При этом внутри позднее образовавшегося минерала могут сохраниться остатки (реликты) первого; получается характерная картина, особенно ясно наблюдаемая в шлифах под микроскопом. Существуют и многие другие признаки, благодаря которым удается выяснить возрастные соотношения между минералами.

Один и тот же минерал иногда выделяется не в один прием, а в разные моменты минералообразования. Таким образом, возникает несколько генераций одного и того же минерала, иногда довольно различных по виду, деталям химического состава и парагенезису. Исходя из этих различий, устанавливается принадлежность минерала к генерациям 1-й, 2-й, 3-й и т. д. В рудных месторождениях часто приходится наблюдать многочисленные генерации кварца, цинковой обманки и др. Под генерацией понимают также комплексы минералов, отвечающие отдельным более или менее обособленным этапам процесса.

Типоморфные минералы. Типоморфными называются минералы, характерные для определенного типа генезиса. Примером могут служить киноварь и антимонит, встречающиеся обычно в низкотемпературных жилах. Хромистый железняк является типоморфным для магматических месторождений, связанных с ультраосновными породами.

Устанавливая в месторождении особое генетическое значение того или другого минерала, мы тем самым ставим этот минерал в положение типоморфного для отдельных этапов и стадий процесса.

Типоморфные признаки минералов. То, что было сказано о типоморфных минералах в отношении их значений для характеристики процесса, можно полностью перенести на отдельные признаки минералов и говорить о характерности признаков, принадлежащих минералу определенного процесса.

Различные типоморфные признаки обнаруживает касситерит в зависимости от принадлежности его к пегматитам или гидротермальным относительно низкотемпературным жилам. Высокотемпературный касситерит — обычно темный, почти черный, кристаллы короткопризматические, почти дипирамидальные, заметно плеохроирует под микроскопом; в качестве примеси содержит до 5%  $(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5$ . Гидротермальный, относительно низкотемпературный, касситерит в большинстве случаев бурого и светло-бурого цвета, кристаллы удлиненные, призматические, плеохроизм слабый или отсутствует, в качестве примеси более обычен вольфрам. Еще более низкотемпературный касситерит представляет собой скрытокристаллическую натечную разность (деревянистый оловянный камень).

Полиморфизм. Так называется способность вещества выделяться в структурно различных видах, сохраняя один и тот же химический состав. Известны полиморфные разности состава  $\text{FeS}_2$  (пирит —

куб. с., марказит — ромб. с.),  $\text{CaCO}_3$  (кальцит — триг. с. и арагонит — ромб. с.),  $\text{TiO}_2$  (рутил, анатаз, брукит),  $\text{SiO}_2$  ( $\alpha$ -кварц,  $\beta$ -кварц и др.).

Появление полиморфных модификаций объясняется наличием соответствующих их образованию условий:  $\beta$ -кварц образуется при температуре не выше  $575^\circ$ ;  $\alpha$ -кварц устойчив в пределах температур  $575\text{—}870^\circ$ ; марказиту обычно свойственны более низкие температуры образования, чем пириту, и, по-видимому, несколько более кислая среда.

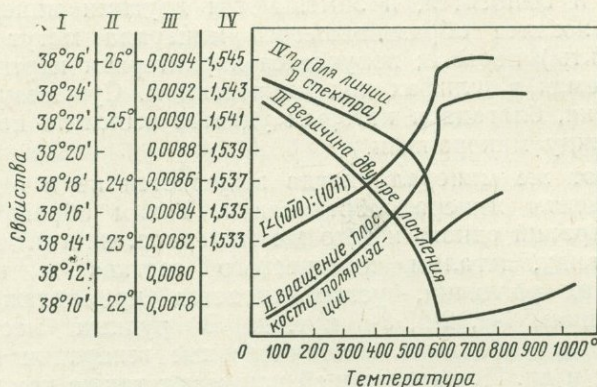


Рис. 44. Изменение свойств кварца при нагревании

Нередко минерал в новых условиях перекристаллизовывается в другую полиморфную разновидность, устойчивую в этих условиях:  $\alpha$ -сера (ромб. с.), устойчивая при температуре  $<95,3^\circ$ , при более высокой температуре переходит в  $\beta$ -серу, устойчивую в пределах  $95,3\text{—}119^\circ$  и, наоборот, при охлаждении ниже  $95,3^\circ$  вновь образуется  $\alpha$ -сера. То же наблюдается для  $\alpha$ - и  $\beta$ -кварца при температуре  $575^\circ$ . При переходе из одной полиморфной разновидности в другую резко (скачком) изменяются физические свойства данного минерала (рис. 44).

Псевдоморфозы и параморфозы. Под псевдоморфозами известны в минералогии образования, форма которых не соответствует структуре данного минерала, т. е. является для него чужой. Различают химические и физические псевдоморфозы. Первые иначе называются псевдоморфозами замещения. В них прежнее вещество постепенно в ходе какого-либо химического процесса заместилось новым с сохранением иногда всех деталей скульптуры (штриховка на гранях и т. п.) и формы прежнего минерала. Таковы псевдоморфозы кремня или бурого железняка по дереву (рис. 45), лимонита по пириту, каолина по полевому шпату и т. д.

Физические псевдоморфозы бывают двух типов: псевдоморфозы оболочек (или корочек) и псевдоморфозы заполнения пустот. Первые представляют собой корочки, образовавшиеся на поверхности кристаллов, позднее разрушенных и выщелоченных. Это своеобразные пустотелые отпечатки кристаллов. Псевдоморфозы второго типа образуются в результате заполнения пустот, оставшихся после растворения минерала. Они представляют собой как бы отливку исчезнувшего минерала.

Параморфозы — тот случай псевдоморфоз, когда сохраняется не только внешний вид, но и химический состав первоначального мине-

рала, а изменяется только кристаллическая структура. Примером могут служить параморфозы  $\beta$ -лейцита по  $\alpha$ -лейциту или  $\beta$ -кварца по  $\alpha$ -кварцу.

Значение псевдоморфоз заключается в том, что по ним можно судить о прежнем минеральном составе месторождений и о таких деталях процесса, которые без этого могли бы остаться незамеченными.

Парагенезис — совместное закономерное нахождение минералов в природе, обусловленное близостью процессов их создавших.

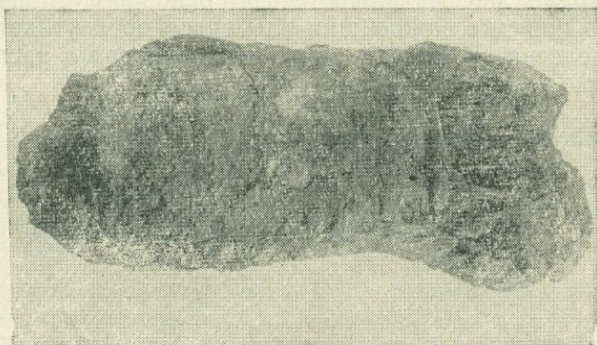


Рис. 45. Псевдоморфоз бурого железняка по дереву

Минералы сходного происхождения составляют парагенетический ряд. Значение парагенетических рядов заключается в том, что они показывают, какие минералы надо еще искать в месторождении. Так, например, с вольфрамитом встречается молибденит, висмутовый блеск, оловянный камень, в небольшом количестве шеелит и сульфиды меди, а из неметаллических — кварц, слюда, иногда флюорит. Строго говоря, перечисленные минералы могут относиться к различным процессам, но в отдельных случаях эти процессы оказываются генетически связанными между собой, а поэтому и их минералы — генетически близкими, что и приводит в ряде месторождений к их совместному нахождению.

Особый случай представляет совместное нахождение первичных минералов с образовавшимися за их счет вторичными, например халькопирита и других сульфидов меди с продуктами их выветривания в виде малахита, куприта и т. п.

В конце настоящей книги приведены сокращенные списки важнейших парагенетических рядов.

Вопрос о парагенезисе в минералогической литературе впервые принципиально был поставлен акад. В. М. Севергиным, назвавшим это явление смежностью минералов. Термин «парагенезис» в понимании «смежности» Севергина появился в иностранной литературе почти 50 лет спустя.

На особую важность изучения парагенезиса для выяснения происхождения минералов указал В. И. Вернадский, предложивший понимать под парагенезисом того или другого минерала все минеральные ассоциации, известные для этого минерала.

Ниже приводятся подлинные слова В. И. Вернадского, относящиеся к этому вопросу<sup>1</sup>:

«Все минеральные ассоциации, известные для какого-нибудь минерала, составляют его парагенезис. Учение о парагенезисе имеет задачей выяснение общих закономерностей парагенезиса всех минералов.

Учение о парагенезисе лежит в основе современной минералогии. Лишь путем точного и полного изучения парагенезиса минералов можно подойти к широким обобщениям в этой области».

При обзоре минералов в описательной части принят следующий порядок: минералы рассматриваются по основным типам и группам соединений и в порядке важнейших элементов по вертикальным рядам таблицы Менделеева. В отделе силикатов минералы расположены по типам структур.

---

<sup>1</sup> В. И. Вернадский. «История минералов земной коры». Т. 1, вып. 1, 1923 г., стр. 159.

Ученый обобщает свои исследования

В. И. Вернадский. «История минералов земной коры». Т. 1, вып. 1, 1923 г., стр. 159.

В. И. Вернадский. «История минералов земной коры». Т. 1, вып. 1, 1923 г., стр. 159.

В. И. Вернадский. «История минералов земной коры». Т. 1, вып. 1, 1923 г., стр. 159.

В. И. Вернадский. «История минералов земной коры». Т. 1, вып. 1, 1923 г., стр. 159.

**САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ**

К самородным элементам относятся минералы, состав которых в общем отвечает отдельным химическим элементам. В действительности состав их всегда более сложен в связи с существованием разного рода смесей типа сплавов или растворов, иногда со стехиометрическими отношениями компонентов. Содержание примесей достигает в некоторых случаях многих процентов.

Число минералов этого раздела около 90. По массе они составляют приблизительно 0,1% веса земной коры, если считать в их числе газы атмосферы — азот, кислород и др. В большей своей части это минералы редкие и очень редкие.

В самородном виде встречаются элементы, отличающиеся большой химической инертностью в природных условиях. Выделившись однажды, подобные элементы сохраняются неопределенно долгое время (платина, золото, алмаз, графит). Самородное состояние характерно также для элементов, которые хотя и обнаруживают химическую активность, легко восстанавливаются из своих соединений в земной коре (медь, сера).

Структура самородных элементов во многих случаях атомная координационная (алмаз, медь, золото и др.); наблюдается также листовая, цепочечная и молекулярная (сера). В тесной связи со структурой находятся физические свойства.

По происхождению самородные элементы могут быть глубинными, вплоть до магматических (алмаз, платина), и поверхностными, гипергенными. Для некоторых характерно вторичное накопление в россыпях.

Ниже описываются следующие ряды минералов:

<i>Ряд меди — серебра — золота</i>	<i>Ряд ртути</i>	<i>Ряд углерода</i>
Медь Cu	Ртуть Hg	Алмаз C
Серебро Ag	Амальгамы:	Графит C
Золото Au	серебра (Ag,	Шунгит C
Электрум (Au, Ag)	Hg)	
	золота (Au, Hg)	

Ряд мышьяка — сурь-  
мы — висмута

Мышьяк As  
Сурьма Sb  
Висмут Bi

Ряд серы

$\alpha$ -серы S

Ряд железа —  
платины

Самородное железо:  
земное Fe  
метеоритное (Fe, Ni)  
Платина и ее разно-  
видности  
Осмистый иридий  
(Ir, Os)

### Ряд меди — серебра — золота

Самородные медь, серебро и золото встречаются сравнительно часто — к редким минералам их во всяком случае отнести нельзя. Структура — плотнейшая кубическая упаковка атомов. Отличаются высокой ковкостью, тягучестью, хорошей электропроводностью, небольшой твердостью. Между собой легко различаются по внешним признакам.

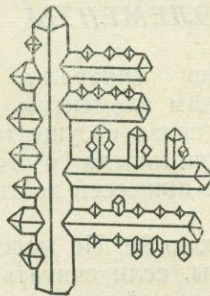
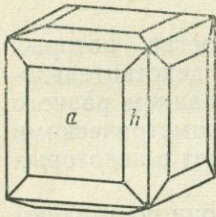


Рис. 46. Медь:  $a(100)$ ,  $h(410)$

Могут быть как глубинного, так и поверхностного происхождения. Имеют промышленное значение.

1. **Медь.** Cu. Примеси редки. Особой чистотой отличается экзогенная медь. В эндогенной меди содержится иногда до 8% Ag и до 2,5% Fe.

Куб. с; вид симм.  $3L^44L^36L^29PC$ . Ветвистые сростки кристаллов (рис. 46), желваки, крупные самородки до 1000 т.

Цвет медно-красный. Ковкая. Тв. 2,5—3. Уд. в. 8,5.

Легко плавится в пл. п. тр. Растворяется в слабой  $HNO_3$ . От аммиака раствор приобретает голубую окраску.

*Происхождение.* Гидротермальная — выделяется из термальных водных растворов вблизи поверхности; поверхностная — образуется в связи с выветриванием медных минералов.

*Спутники.* Цеолиты, кварц, кальцит, барит. Медные сернистые соединения: медный колчедан  $CuFeS_2$ , блеклые руды  $Cu_3(Sb, As)S_3$ , медный блеск  $Cu_2S$ . Окислы меди: куприт  $Cu_2O$ , тенорит  $CuO$ . Карбонаты меди: малахит  $Cu_2(OH)_2CO_3$ , азурит  $Cu_3(OH)_2[CO_3]_2$ . Из соединений других металлов: галенит  $PbS$ , сфалерит  $ZnS$ , пирит  $FeS_2$  и многие другие.

*Месторождения.* В СССР: Турьинские рудники и другие на Урале. За границей: Верхнее озеро (штат Мичиган в США) — крупнейшее, гидротермального генезиса.

2. **Серебро.** Ag. Содержит примеси Au до 10% и более; Cu до 6—7%; Fe до 1%; иногда Pt, Sb, Bi, Hg.

Куб. с., вид симм.  $3L^44L^36L^29PC$ . Ветвистые формы (рис. 47). Известны самородки весом до 5 т.

Цвет серебряно-белый. Ковкое. Тв. 2,5—3. Уд. в. до 11.

Легко плавится в пл. п. тр. Растворяется в  $HNO_3$ . Из азотнокислого раствора соляная кислота выделяет белый хлопьевидный осадок, растворяющийся в аммиаке.

*Разновидности.* Золотистое и медистое серебро — отличается желтоватым цветом. Висмутистое серебро (чиленил) — содержит до 15% Вi. Сурьмянистое серебро (анимикит) — до 11% Sb.

*Диагностика.* Сходно по виду с амальгамой серебра. От амальгамы отличается ветвистыми формами, высокой ковкостью неизменяемостью при прокаливании.

*Происхождение.* Гидротермальное — в жилах средних и низких температур, кварцевых, кальцитовых, баритовых; вторичное — близ земной поверхности в результате разложения сернистых серебряных соединений.



Рис. 47. Серебро на кальците

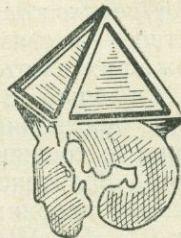
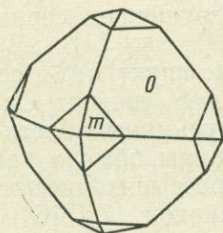


Рис. 48. Золото

*Спутники.* Пираргирит  $Ag_3SbS_3$ , прустит  $Ag_3AsS_3$ , стефанит  $Ag_5SbS_4$ , полибазит  $(Ag, Cu)_{16}Sb_2S_{11}$ , серебряный блеск  $Ag_2S$ , роговое серебро  $AgCl$  и другие минералы серебра; кроме того, медные и кобальтовые (мышьяковистые) руды; свинцовый блеск и др.

*Месторождения.* В СССР: Зырянский, Салаирский и другие рудники на Алтае. За границей: штаты Колорадо, Монтана, Аризона и др. в США; Мексика; Фрейберг в Саксонии (ГДР); Конгсберг в Норвегии.

**3. Золото Au.** В виле примеси содержит Ag до 50%, Fe до 2%, Cu до 1,5%, также Pd, Ir, Вi. Экзогенное золото беднее примесями, чем эндогенное.

Куб. с.; вид симм.  $3L^44L^66L^29PC$ . Кристаллы редки (рис. 48), чаще — в виде листочков, пластинок, чешуек и древовидных образований; встречаются крупные самородки весом до 70 кг (Новый Южный Уэльс и Виктория в Австралии).

Цвет золотистый, то более, то менее светлый в зависимости от примеси серебра. Ковкое. Тв. 2,5—3. Уд. в. до 19.

Не растворяется ни в  $\text{HCl}$ , ни в  $\text{HNO}_3$ . Легко плавится в пл. п. тр. *Разновидности.* Электрум (серебристое золото), — до 30% и больше  $\text{Ag}$ ; цвет светло-желтый; с  $\text{HNO}_3$ , растворяющей серебро, с поверхности становится более темным.

Медистое золото — содержит до 20%  $\text{Cu}$ , цвет зеленовато-желтый, при обработке  $\text{HNO}_3$  в раствор переходит медь, и он окрашивается в зеленый цвет. Висмутистое золото (бисмутаурит) содержит до 3%  $\text{Bi}$ , мальдонит ( $\text{Au}_2\text{Bi}$ ) — 35%  $\text{Bi}$ ; отличаются красноватым оттенком, дают на угле при прокаливании с  $\text{KJ} + \text{S}$  красный налет  $\text{BiJ}_3$ .

*Происхождение.* Глубинное — в кварцевых и других жилах; поверхностное — в связи с разрушением сернистых и других соединений, содержащих золото.

*Спутники.* В жилах: пирит  $\text{FeS}_2$ , сернистые соединения меди и серебра, арсенопирит  $\text{FeAsS}$ , шеелит  $\text{CaWO}_4$ , самородный висмут, теллуристые соединения, сурьмяный блеск  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ , киноварь  $\text{HgS}$ , барит  $\text{BaSO}_4$ . Золотоносные жилы обычно кварцевые и связаны с кислыми горными породами. В россыпях: шеелит  $\text{CaWO}_4$ , киноварь  $\text{HgS}$ , монацит  $(\text{Ce}, \text{La} \dots)[\text{PO}_4]$ , циркон  $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ , магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ , платина, алмаз.

*Месторождения.* В СССР: Березовское на Урале; Майкаин и Степняк в Казахстане; на Алдане и в других местах Сибири. За границей: Витватерсранд, Южная Африка — в кварцевых конгломератах; Аляска, Калифорния, Невада, в Северной Америке; штат Виктория в Австралии, откуда из россыпей известны крупнейшие самородки.

## Ряд ртути

### 4. Ртуть. $\text{Hg}$ . Иногда содержит $\text{Ag}$ .

Жидкость. Замерзает при  $-38,89^\circ$ . Мелкие очень подвижные жидкие шарики и капли.

Цвет серебряно-белый. Блеск сильный, металлический. Уд. в. 13,6.

П. п. тр. полностью испаряется, если не содержит примеси  $\text{Ag}$  или  $\text{Au}$ . В закрытой трубке возгоняется на стенки в виде мелких капелек. Амальгамирует медь: при натирании ртутью медь становится белой. Растворяется в  $\text{HNO}_3$ .

*Происхождение.* Поверхностная — в связи с окислением киновари  $\text{HgS}$  и переходом ртути в сульфат, который легко разлагается с выделением самородной ртути; возгоны при вулканических извержениях (редко); гидротермальная — выделяется из водных растворов.

*Спутники.* Киноварь  $\text{HgS}$ , сурьмяный блеск  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ , метациннабарит  $\text{HgS}$ , барит  $\text{BaSO}_4$ .

*Месторождения.* В СССР: Хпекское на Кавказе; Акташское в Ойротской авт. обл. За границей: Идрия в Югославии, Альмаден в Испании.

### 5. Амальгамы серебра. Состав колеблется от $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$ до $\text{Ag}_{36}\text{Hg}$ .

Куб. с. Кристаллы очень сложные.

Цвет и черта серебряно-белые. Блеск металлический, сильный. От хрупких до ковких (в отличие от очень ковкого серебра). Тв. 3—3,5. Уд. в. от 13,5 до 14.

При прокаливании в закрытой трубке возгоняется ртуть, остается серебро.

Очень редкие. Встречаются с кераргиритом  $\text{AgCl}$  в зоне окисления.

**6. Амальгамы золота.** Состав сильно колеблется.

Цвет амальгам от серебрино-белого до желтоватого в зависимости от содержания золота.

При прокаливании в закрытой трубке возгоняется ртуть и остается золото характерного цвета.

*Разновидности:* Золотая амальгама — жидкая в виде капелек и тонких пленок в трещинках и пустотах кварцевых жил. Цвет амальгам от серебрино-белого до желтоватого в зависимости от содержания золота. Аура амальгама — твердая, кристаллизуется в куб. с.

Минералы очень редкие. Возможно присутствие в золотоносных россыпях.

### Ряд углерода

Сюда относятся две полиморфные модификации углерода: кубическая — алмаз и гексагональная — графит. Кроме того, различают скрытокристаллическую разность графита — графитит и антрацитоподобную аморфную модификацию — шунгит.

#### 7. Алмаз. С.

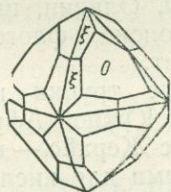


Рис. 49. Алмаз  
 $o(111)$ ,  $\xi$  — близка  
к  $o$

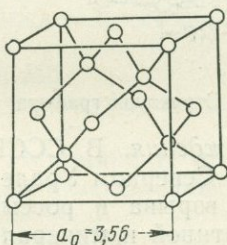


Рис. 50. Структура  
алмаза

Куб. с., вид симм.  $3L^4 4L^3 6L^2 9PC$ . Кристаллы в виде октаэдров, ромбододекаэдров и др. (рис. 49). Часто обнаруживают характерные формы роста и растворения (см. рис. 34). Размер кристаллов от микроскопических до очень крупных, весом 3025 карат (1 карат — 0,2 г).

Структура атомная (рис. 50). Упаковка атомов очень плотная, с чем связаны большой уд. в., высокие твердость и показатель преломления.

Бесцветный; иногда окрашен в желтоватый, синеватый, реже в зеленый, красный или черный цвет. Сп. совершенная по октаэдру. Тв. 10. Уд. в. 3,5. Отличается высоким показателем преломления и сильным блеском ( $n_{\text{Na}} = 2,4255$ ). Пропускает ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Непроводник электричества. В ультрафиолетовых и катодных лучах светится голубым или желтым цветом. При сильном накаливании в присутствии кислорода сгорает с образованием углекислого газа. При температуре около  $1850^\circ$  в пустоте переходит в графит.

*Разновидности.* Борт — алмазы низшего качества: неправильные кристаллы и агрегаты. Баллас — шарообразные борта, представляю-

щие собой ядро, покрытое тонкозернистой корочкой. Карбонадо — черный, плотный, без видимой спайности.

**Диагностика.** От сходного по виду кварца алмаз отличается высокой твердостью, спайностью, блеском, формой кристаллов, изотропностью, неразложимостью в плавиковой кислоте, люминесценцией. М. И. Пыляев в книге «Драгоценные камни» (1896), ссылаясь на французского химика Марго, указывает способ определения алмаза при помощи алюминиевого грифеля (палочки): если чертить алюминиевым карандашом по смоченной поверхности алмаза, то алюминий не оставляет никакого следа; на других минералах — кварце, топазе, а также

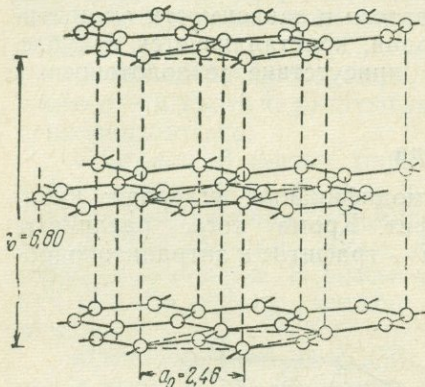


Рис. 51. Структура графита

на стекле, эмали и т. п. остаются нестирающиеся блестящие серебристые линии. Хорошо распознается алмаз при погружении его в воду: алмаз резко выступает вследствие большого различия в показателях преломления его и воды. Этим способом его легко отличить от кварца и других сравнительно слабо преломляющих минералов.

**Происхождение.** Магматический — в связи с основными изверженными породами в трубках взрыва; космический — в метеоритах.

**Спутники.** Оливин, пироп, ильменит, хромдиопсид, флогопит, серпентин, магнетит.

**Месторождения.** В СССР: кимберлитовые трубки и россыпи в Якутии и на Северном Урале. За границей: в Южной Африке — коренные трубки взрыва и россыпи; штат Минас-Жерайс — в россыпях с золотом, платиной и минералами, характерными для кислых изверженных пород, кварцевых и пегматитовых жил — топазом, турмалином, аметистом, рутилом, оловянным камнем и др.; кроме того, алмазы встречаются здесь в кварцевых конгломератах с бурым железистым цементом и в итаколумитах — слоистой кварцевой породе, содержащей слюду («гибкий песчаник»); в восточной части Декана в Индии — в россыпях и кварцевых конгломератах.

**Значение.** Драгоценный камень I класса, абразивный, режущий и шлифующий материал, материал для коронок буровых инструментов.

## 8. Графит С.

Гекс. с.; вид. симм.  $L^6L^27PC$ . Кристаллы имеют вид мелких гексагональных табличек. Обычно плотные, землистые или чешуйчатые массы.

Структура листовая, с большими расстояниями между листами (рис. 51), чем объясняется весьма совершенная спайность.

Цвет железо-черный до темного стально-серого, блеск металловидный. Тв. 1. Пишет на бумаге, жирный, пачкает руки. Уд. в. около 2. Сп. весьма совершенная по (0001). Тонкие листочки гибкие, не упругие, слегка просвечивают под микроскопом. Хороший проводник электричества.

Сгорает с трудом при высокой температуре. П. п. тр. не плавится и не изменяется. Сплавляется с  $KNO_3$ , образуя  $K_2CO_3$ , что видно по вскипанию сплава с кислотами.

*Разновидности.* Клифтонит — псевдокристаллы куб. с. (псевдоморфозы по алмазу в метеоритах). Графитит — скрытокристаллический.

*Диагностика.* От молибденового блеска графит отличается цветом черты (у молибденита голубоватая) и реакцией с цинком и медным купоросом: при смачивании зерна цинка каплей медного купороса на графите из медного купороса выделяется медь в виде пятна; в случае молибденового блеска этого не наблюдается.

*Происхождение.* Магматический — в изверженных породах; пневматолитический — в кварцевых и пегматитовых жилах; в метаморфизованных известняках, сланцах и гнейсах и в контактах каменного угля с изверженными породами.

*Спутники.* В контактах: диопсид  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , волластонит  $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ , скаполит, шпинель  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ; в пегматитах: полевой шпат  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ; в жилах: кварц; в гнейсах: биотит, каолин.

*Месторождения.* В СССР: Алиберовское (Бурятская АССР) — гнезда в контактовой зоне нефелиновых сиенитов с известняками; Курейское (Туруханский район Красноярского края) — на контакте каменного угля с изверженными породами; Украинские — в гнейсах с каолином. За границей: Цейлонские — в кварцевых и пегматитовых жилах; Мадагаскар — в гнейсах и кристаллических сланцах.

*Значение.* Употребляется в производстве тиглей для металлургии, электродов, сухих элементов, красок, карандашей, смазочных составов и др.

#### **9. Шунгит С.** В золе содержатся V, Ni, Mo.

Аморфный, с признаками графитовой структуры, по данным рентгеноструктурного анализа.

Цвет черный. Блеск металлический. Напоминает антрацит. Тв. 3,5—4. Излом раковистый. Уд. в. 1,84—1,98. Электропроводность, как у графита.

П. п. тр. растрескивается и сгорает с трудом (труднее антрацита).

*Происхождение.* Возможно, один из продуктов распада возгоняющихся газообразных углеводородов. Отличается от углей жильным характером залегания, но иногда также пронизывает осадочные породы в пластовом залегании.

*Месторождения.* В СССР: Шуньга, в Карелии.

### **Ряд мышьяка — сурьмы — висмута**

Относящиеся к этому ряду минералы — мышьяк, сурьма и висмут — близки между собой по структуре, физическим свойствам и в некоторой степени — по условиям нахождения в природе. Они кристаллизуются в тригональной сингонии. В основе их структуры находятся сходные по размерам ромбоэдрические ячейки, приближающиеся по форме к кубам. Природные хорошо образованные кристаллы для них редки или неизвестны. Обычная форма их нахождения — сплошные ясно окристаллизованные зернистые массы. Происхождение — в основном жильное, гидротермальное, иногда наблюдаются вместе с серебряными и кобальтовыми рудами. Встречаются редко и в небольшом количестве.

#### **10. Мышьяк As.**

Триг. с.; вид симм.  $L_6^3 3L^2 3PC$ . Кристаллы редки, иногда встреча-

ются мелкие ромбоэдры, напоминающие кубы. Обычно зернистый, сплошной, в виде скорлуповатых натеков и корок.

Цвет оловянно-белый на свежем изломе, черный на выветрелой поверхности. Черта черная. Сп. совершенная по (0001), но макроскопически трудно наблюдается из-за мелких размеров зерен. Тв. 3—3,5. Уд. в. 5,7.

П. п. тр., не плавясь, улетучивается, издавая чесночный запах. На угле дает белый налет  $As_2O_3$ .

*Происхождение.* Гидротермальный — в рудных жилах.

*Спутники.* Серебряные и кобальтовые руды, сурьмяный блеск  $Sb_2S_3$ , реальгар  $AsS$ , аурипигмент  $As_2S_3$ .

*Месторождения.* В СССР: Гутайское молибденовое в Забайкалье — в карбонатно-мышьяковой жиле. За границей: Фрейберг в Саксонии и Андреасберг на Гарце в ГДР.

**11. Сурьма Sb.** Часто содержит As.

Триг. с. Обычно крупнозернистые сплошные массы, реже тонкокристаллические корочки.

Цвет оловянно-белый, черта серая. Блеск сильный металлический. Сп. совершенная по (0001). Тв. 3—3,5. Уд. в. 6,65—6,72.

П. п. тр. плавится. На угле дает плотный белый налет  $Sb_2O_3$ .

*Происхождение.* Гидротермальная — при низкой температуре.

*Спутники.* Серебряные, сурьмяные и мышьяковые руды, чаще всего антимонит.

*Месторождения.* В СССР: Кулуджун (золоторудное) в Казахстане, где в жиле с антимонитом встречена сурьма с признаками позднейшего образования. За границей: Пршибрам в Чехословакии.

**12. Висмут Bi.**

Триг. с. Древовидные и перистые формы, иногда мелкозернистые сплошные массы и вкрапленники.

Цвет и черта серебряно-белые с красноватым оттенком. Блеск металлический. Сп. совершенная по (0001). Тв. 2—2,5. Ковкий. Уд. в. 9,7—9,83. Сильно диамагнитен. Хороший проводник электричества.

П. п. тр. легко плавится. На угле с  $KJ+S$  дает красный налет  $BiJ_3$ .

*Происхождение.* Гидротермальный — в рудных жилах и контактах.

*Спутники.* Никелевые, кобальтовые и серебряные руды; оловянный камень  $SnO_2$ , вольфрамит  $(Fe, Mn)WO_4$ .

*Месторождения.* В СССР: Шерловая гора в Забайкалье — в связи с грейзенизированными участками гранита, в сопровождении высоко-температурных минералов: арсенопирита  $FeAsS$ , молибденита  $MoS_2$ , касситерита  $SnO_2$ , топаза  $Al_2(OH, F)_2[SiO_4]$  и др. За границей: Шнееберг, Аннаберг, Яхимов (в Рудных Горах) — рудные жилы с минералами серебра, кобальта и никеля; Боливия — оловянно-серебряные жилы.

## Ряд серы

К ряду серы относятся  $\alpha$ -сера, ее селенистая и теллуристая разновидности, редкие  $\beta$ - и  $\gamma$ -сера и не менее редкие селен, теллур и селенистый теллур. Характерно гидротермальное происхождение теллура, встречающегося иногда в виде довольно крупных кристаллов в рудных жилах с теллуридами золота и серебра.

Наибольшее распространение и значение имеет  $\alpha$ -сера.

### 13. $\alpha$ -серы S. Примеси As, Se, Te.

Ромб. с., вид симметрии  $3L^23PC$ . Кристаллы (рис. 52), сплошные кристаллические, порошковатые и землистые массы; налеты и корочки. Характерна очень сложная молекулярная структура. Молекула состоит из восьми атомов, образующих зигзагообразно смятые кольца. В элементарной ячейке 16 таких молекул.

Цвет желтый. Блеск жирный. Сп. нет. Тв. 2. Очень хрупкая. Уд. в. 2. Плохой проводник тепла и электричества. Электризуется при трении. Устойчива до температуры  $95^\circ$ , при более высокой температуре переходит в  $\beta$ -серу мон. с., плавящуюся при  $119^\circ$ . Легко загорается от спички и горит с образованием сернистого газа. Растворяется в сероуглероде.

**Разновидности.** Селенистая сера, содержит до 5% селена, происхождение вулканическое.

**Происхождение.** Гипергенная — в результате разложения гипса битуминозными водами и сернистых соединений неорганическим путем в зоне окисления, а также продукт жизнедеятельности организмов; вулканическая — в результате разложения сернистых газов.

**Спутники.** Для гипергенной серы: гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , целестин  $\text{SrSO}_4$ , арагонит  $\text{CaCO}_3$ , кальцит  $\text{CaCO}_3$ , битумы, продукты окисления серы — различные сульфаты. Для вулканической серы: гипс, нашатырь  $(\text{NH}_4)\text{Cl}$ .

**Месторождения.** В СССР: Шорсу, Узбекская ССР — осадочное с гипсом, целестином, арагонитом, битумами; Каракумы (Туркменская ССР) — такое же, с гипсом, целестином, кварцем; Алексеевское и Водинское в Куйбышевской области — в гипсоносных известняках; Соймоновская долина, Урал — в связи с разрушением пирита. За границей: Сицилия в Италии — сера с гипсом и целестином; штаты Луизиана и Техас в США — пласты с гипсом.

**Значение.** В химической промышленности употребляется для изготовления серной кислоты, применяется в резиновой промышленности, сельском хозяйстве и т. д.

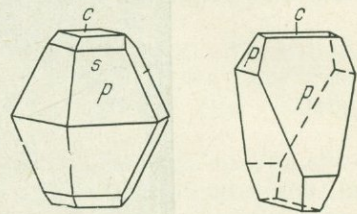


Рис. 52. Сера:  $c(001)$ ,  $e(011)$ ,  $p(111)$ ,  $s(113)$

### Ряд железа — платины

Наиболее известные минералы этого ряда — самородное железо и платина — являются очень редкими. Еще более редки палладий, иридий и осмистый иридий.

Самородное железо встречается главным образом, если не исключительно, в метеоритах. В условиях земной коры оно легко окисляется и входит в разные соединения. Самородные элементы группы платины являются минералами земного происхождения с очень характерным для них парагенезисом.

**14. Железо Fe.** Содержит примесь никеля от следов до 10% и более.

Куб. с. Сплошные массы и вкрапленность в породах; мелкие зерна в россыпях.

Цвет серый и темно-серый до черного. Блеск металлический. Тв. 4—5. Ковкое. Уд. в. около 7,5. Сильно магнитное.

Растворяется в слабой соляной кислоте. В растворе медного купороса не всегда покрывается медью («пассивное» железо).

*Разновидности.* Земное (теллурическое) железо встречается редко в виде вкрапленности в базальтах и перидотитах. Содержит Ni или в малом, или в очень большом количестве (аварунит  $\text{FeNi}_2$ ). Метеоритное железо — космического происхождения. По содержанию никеля различают: камасит (от 6 до 10% Ni) и тэнит (34—36% Ni). В метеоритах они находятся в тесном прорастании. Различ-

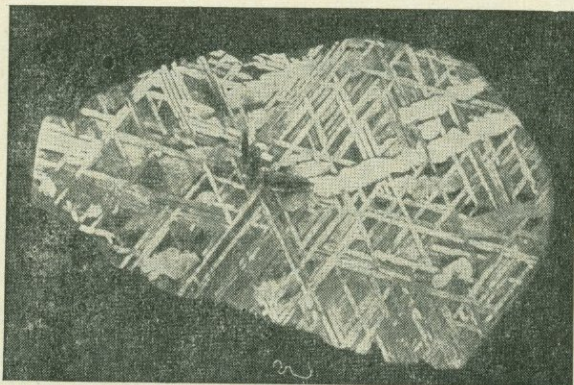


Рис. 53. Видманштеттовы фигуры

ным отношением указанных разновидностей к воздействию кислот объясняется явление так называемых видманштеттовых фигур (рис. 53), получающихся при травлении полированной поверхности метеоритного железа раствором азотной кислоты.

Кроме железа, в метеоритах находятся оливин  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ , хромит  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ , графит, алмаз и неизвестные в земной коре: когениит  $(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})_3\text{C}$ , шрейберзит  $(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})_3\text{P}$ , ольдгамит  $\text{CaS}$ , лавренсит  $\text{FeCl}_2$ , муассанит  $\text{SiC}$ . Метеориты бывают железные, железо-каменные и каменные.

*Месторождения.* Крупные выделения самородного железа известны в базальте на острове Диско у западного берега Гренландии. Некоторые ученые приписывают этому железу космическое происхождение. Примером метеоритного железа может служить «Палласово железо», найденное в 1749 г. на горе Темир, на полпути между Красноярском и Минусинском. В 1777 г. метеорит был вывезен академиком Палласом в Академию наук в Петербург. Первоначальный его вес 688 кг. Принадлежит к числу полужелезных: в ячейках губчатой железной массы метеорита заключены многочисленные зерна оливина.

**15. Платина Pt.** Обычные примеси Fe, Ir, Pd, Rh, Cu и др., иногда в количестве многих процентов.

Куб. с. Зерна в россыпях и мелкая вкрапленность в породах. Известны крупные самородки до 9 кг.

Цвет стально-серый до серебряно-белого. Тв. 4—4,5. Ковкая. Уд. в. до 19, в зависимости от примесей.

В пл. п. тр. не плавится. Растворяется только в нагретой царской водке.

*Разновидности.* Ферроплатина — до 20% Fe, темная, магнитная. Поликсен — до 10% Fe, наиболее распространен. Иридистая

платина — до 28% Ir. Палладистая платина — 7—37% Pd. Родистая платина — до 5% Rh. Медистая платина — от 7 до 13% Cu.

*Происхождение.* Ферроплатина, поликсен и иридная платина генетически связаны с глубинными ультраосновными породами, главным образом с дунитами. Палладистая платина концентрируется в габбро-норитах, пирротиновых диабазах и других основных породах вместе со сперрилитом  $PtAs_2$ , пирротином  $Fe_{1-x}S$ , пентландитом  $(Ni, Fe)_9S_8$ , халькопиритом  $CuFeS_2$ , иногда она встречается на контактах гранитов с доломитизированными породами. Другие виды платины являются редкими, встречаются в россыпях.

*Спутники.* Серпентин  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ , оливин  $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$ , ромбические пироксены  $(Mg, Fe)_2[Si_2O_6]$ , хромит  $FeCr_2O_4$ , магнетит  $FeFe_2O_4$ , сперрилит  $PtAs_2$ , пирротин  $Fe_{1-x}S$ , пентландит  $(Fe, Ni)_9S_8$ , халькопирит  $CuFeS_2$ .

*Месторождения.* В СССР: Тагильский и другие районы на Урале — россыпные и коренные; в Западной Сибири — в связи с пирротиновыми рудами. За границей: Южная Америка — россыпи Колумбии и Бразилии; Южная Африка — коренные месторождения.

*Значение.* Применяется для изготовления огнеупорной и кислотоупорной посуды (тиглей, чашек и др.), в электротехнике, гальванопластике, в зубоветеринарном деле.

**16. Осмистый иридий** (Ir, Os). Содержит примеси Rh, Pt, Ru.

Гекс. с. Встречается в виде мелких плоских зерен.

Цвет оловянно-белый до стально-серого. Сп. совершенная по (0001). Тв. 7. Почти не ковкий. Отличается большой упругостью: зерна осмистого иридия, брошенные на фарфоровое блюдечко, отскакивают от него с большей легкостью, чем зерна платины. Уд. в. от 19 до 21.

В кислотах и царской водке не разлагается. При сплавлении с селитрой выделяет характерно пахнущие пары осмиевого ангидрида  $OsO_4$ . На цинковой пластинке в капле медного купороса покрывается медью.

*Разновидности.* Невьянскит (светлый иридий Ir, Os) — до 77% Ir, до 49% Os, до 7,5% Ru. Цвет оловянно-белый. Уд. в. 19—19,5. П. п. тр. не изменяется. Сысертскит (темный осмистый иридий Os, Ir) — до 17% Ir, до 68% Os, до 4,5% Rh и до 8,9% Ru. Цвет стально-серый. Уд. в. 20—21,2.

П. п. тр. на угле отделяет пары  $OsO_4$  и темнеет. Более редок, чем невянскит.

*Происхождение.* Магматический — в ультраосновных породах, выделяется раньше платины. Встречается главным образом в россыпях с платиной и иногда с золотом. Известны находки с золотом в кварцевых жилах.

*Месторождения.* В СССР: Средний Урал — платиноносные россыпи. За границей: США — Калифорния; Канада — Британская Колумбия.

## СЕРНИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Минералов этого класса около 200, но по массе они составляют не более 0,25%, веса земной коры, причем на долю только двух минералов, пирита и пирротина, приходится около 3/4 этой массы. К минералам

лам этого класса относятся не только собственно сернистые, но и аналогичные им селенистые, теллуристые, мышьяковистые и сурьмянистые соединения; иначе их называют сульфидами, селенидами и т. д. В основном — это соединения цветных тяжелых металлов: Cu, Ag, Pb, Zn, Hg, Co, Ni. Состав минералов, простой по формулам, в действительности часто оказывается очень сложным вследствие изоморфного замещения одних элементов другими и присутствия разных механических примесей. Многие минералы обнаруживают значительные колебания состава даже в одном и том же месторождении. Примером могут служить цинковая обманка и блеклые руды. Обычно цинк замещается железом, марганцем, кадмием; медь — свинцом, серебром; сера — селеном, теллуром, мышьяком; сурьма — мышьяком и висмутом.

Характерно присутствие в сульфидах редких рассеянных элементов — Se, Te, In, Tl и др., для которых неизвестны или редко встречаются собственные минералы. Вода в составе сернистых и аналогичных соединений отсутствует.

Структура многих минералов очень сложная, часто при очень простом химическом составе, и до сих пор недостаточно выяснена. Широко проявляется полиморфизм.

Характерны большой уд. вес, металлический или металлоидный блеск, небольшая в основном твердость, цвет, обычно свойственный металлам (стально-серый, латуно-желтый, серебристо-белый).

По происхождению сернистые минералы в большинстве гидротермальные, жильные, с богатым парагенезисом. Кроме того, сульфиды входят в состав различных горных пород, в частности контактово-метаморфических. Гипергенные сульфиды образуются при выветривании сульфидных месторождений в зоне цементации.

В условиях поверхности сернистые минералы легко окисляются, в результате чего возникают окислы и гидраты окислов, кислоты и соли. За счет сернистых соединений образуются сульфаты, мышьяковистые минералы дают соли мышьяковой кислоты и т. п.

Присутствие в поверхностных водах угольной кислоты или карбонатный состав боковых пород приводят к образованию вторичных карбонатов. При действии серной кислоты на вмещающие силикатные породы образуются сульфаты алюминия и других металлов и выделяется свободный кремнезем в виде халцедона, опала, вторичного кварца, образуются вторичные силикаты меди, цинка и т. п. Многие сернистые минералы являются важными рудными минералами, например цинковая обманка, свинцовый блеск, медный колчедан, киноварь.

При разработке сернистых месторождений большое значение приобретают вопросы комплексного использования сульфидных руд, поскольку последние обычно полиминеральны и, кроме того, отдельные составляющие их минералы часто содержат не один, а несколько ценных элементов.

Определение сернистых минералов представляет значительные трудности ввиду близкого химического состава и большого сходства внешних признаков многих минералов. Лучшим методом определения минералов этого класса является минераграфический, заключающийся в исследовании полированных шлифов в отраженном свете под микроскопом.

Ниже сернистые минералы описываются в порядке следующей классификации:

## А. СЕРНИСТЫЕ И АНАЛОГИЧНЫЕ ИМ СОЕДИНЕНИЯ

### ряд сероводорода

Сероводород  $H_2S$

### ряд меди—серебра—золота

#### Минералы меди

##### Простые соединения

Халькозин  $Cu_2S$   
Ковеллин  $CuS$   
Халькопирит  $CuFeS_2$   
Кубанит  $CuFe_2S_3$   
Борнит  $Cu_5FeS_4$   
Берцелианит  $Cu_2Se$   
Домейкит  $Cu_3As$

##### Сульфосоли

Блеклые руды  $Cu_3(Sb, As)_S_3$   
Энарцит  $Cu_3AsS_4$

#### Минералы серебра

##### Простые соединения

Аргентит  $Ag_2S$   
Штроемейерит  $(Ag, Cu)_2S$   
Штернбергит  $AgFe_2S_3$   
Гессит  $Ag_2Te$   
Дискразит  $Ag_3Sb$

##### Сульфосоли

Прустит  $Ag_3AsS_3$   
Пираргирит  $Ag_3SbS_3$   
Стефанит  $Ag_5SbS_4$   
Полибазит  $(Ag, Cu)_{16}Sb_2S_{11}$

#### Минералы золота

Калаверит  $AuTe_2$   
Сильванит  $AuAgTe_4$   
Нагиагит  $AuPb_6(S, Te)_{14} (?)$

### ряд цинка—кадмия—ртути

#### Минералы цинка

Сфалерит  $ZnS$   
Вюртцит  $ZnS$

#### Минералы кадмия

Гринокит  $CdS$

#### Минералы ртути

Киноварь  $HgS$   
Метациннабарит  $HgS$

### ряд олова—свинца

#### Минералы олова

##### Простые соединения

Станнин  $SnCu_2FeS_4$

##### Сульфосоли

Цилиндрит  $Sn_4Pb_3Sb_2S_{14}$   
Франкеит  $Sn_3Pb_5Sb_2S_{14}$

#### Минералы свинца

##### Простые соединения

Галенит  $PbS$   
Алтаит  $PbTe$

##### Сульфосоли

Джемсонит  $Pb_2Sb_2S_5$   
Буланжерит  $Pb_5Sb_4S_{11}$   
Бурнонит  $CuPbSbS_3$   
Айкинит  $PbCuBiS_3$

РЯД МЫШЬЯКА—СУРЬМЫ—ВИСМУТА

*Минералы мышьяка*

Реальгар  $\text{AsS}$   
Аурипигмент  $\text{As}_2\text{S}_3$

*Минералы сурьмы*

Антимонит  $\text{Sb}_2\text{S}_3$

*Минералы висмута*

Висмутин  $\text{Bi}_2\text{S}_3$   
Тетрадимит  $\text{Bi}_2(\text{Te}, \text{S})_3$

РЯД МОЛИБДЕНА—ВОЛЬФРАМА

*Минералы молибдена*

Молибденит  $\text{MoS}_2$

*Минералы вольфрама*

Тунгстенит  $\text{WS}_2$

РЯД МАРГАНЦА

Алабандин  $\text{MnS}$

РЯД ЖЕЛЕЗА—КОБАЛЬТА—НИКЕЛЯ—ПЛАТИНЫ

*Минералы железа*

Пирротин  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$   
Пирит  $\text{FeS}_2$   
Марказит  $\text{FeS}_2$   
Леллингит  $\text{FeAs}_2$   
Арсенопирит  $\text{FeAsS}$

*Минералы кобальта*

Кобальтин  $\text{CoAsS}$   
Шмальтин  $\text{CoAs}_{3-2}$

*Минералы никеля*

Герсдорфит  $\text{NiAsS}$   
Хлоантит  $\text{NiAs}_{3-2}$   
Никелин  $\text{NiAs}$   
Миллерит  $\text{NiS}$   
Пентландит  $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$

*Минералы платины*

Сперрилит  $\text{PtAs}_2$

Б. ОКСИСУЛЬФИДЫ

Вольтцит  $\text{Zn}_5\text{S}_4\text{O}$   
Кермезит  $\text{Sb}_2\text{S}_2\text{O}$

СЕРНИСТЫЕ И АНАЛОГИЧНЫЕ ИМ СОЕДИНЕНИЯ

Ряд сероводорода

17. Сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ .

Газ с характерным запахом гнилых яиц. Ядовит. Легко растворяется в воде, около  $4\frac{1}{2}$  объемов на 1 объем воды; с повышением температуры растворимость уменьшается. Узнается, при небольших концентрациях его в воде или воздухе, по побурению свинцовой бумажки (фильтровальная бумага, пропитанная уксуснокислым свинцом) и потемнению серебряной монеты от капли воды, содержащей  $\text{H}_2\text{S}$ .

*Происхождение.* Широко распространен в природе и играет большую роль в процессах минералообразования. В большом количестве выделяется при извержении вулканов. Содержится в воде некоторых горячих минеральных источников и в нефтяных водах. Образуется биогенным путем при разложении белковых веществ и в зоне окисления за счет сернистых соединений при действии на них кислых растворов.

В соприкосновении с воздухом окисляется с выделением серы. Из водных растворов, содержащих тяжелые металлы, выделяет сернистые соединения этих металлов (меди, железа и др.).

## Ряд меди — серебра — золота

### МИНЕРАЛЫ МЕДИ

#### Простые соединения меди

**18. Халькозин** (медный блеск)  $\text{Cu}_2\text{S}$  (Cu 79,8; S 20,2). Примеси: Fe до 18%, Ag и Au.

Различаются две модификации: ромбическая, низкотемпературная, температура образования  $< 105^\circ$ , и гексагональная — температура образования  $> 105^\circ$ . В природе встречается почти исключительно ромбический халькозин.

Кристаллы редки (рис. 54), обычно сплошные массы.

Структура очень сложная.

Цвет свинцово-серый до черного. Блеск металлический. Сп. нет. Тв. 2,5—3. Уд. в. 5,5—5,8. Ковкий — острые края притупляются от удара молоточком, и при царапании кончиком ножа остается ровный блестящий след. Хороший проводник электричества.

На угле в пл. п. тр. сплавляется в шарик, вскипает и разбрызгивается. Тонкий порошок обожженного на угле минерала дает шарик меди при сильном прокаливании в восстановительном конусе.

*Происхождение.* Экзогенный — в зоне цементации:  $\text{FeS}_2 + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ; реже гидротермальный.

*Спутники.* Медный колчедан  $\text{CuFeS}_2$ , борнит  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ , блеклая руда  $\text{Cu}_3(\text{Sb, As})\text{S}_3$  и другие сульфиды. Продукты распада и изменения: малахит  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$ , азурит  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_2$ , самородная медь, куприт  $\text{Cu}_2\text{O}$ , ковеллин  $\text{CuS}$  и др.

*Месторождения.* В СССР: Турьинские рудники, Урал; Успенский рудник, Казахская ССР. За границей: Бьюте, штат Монтана США — в зоне вторичного обогащения, отчасти глубинный.

*Значение.* Медная руда.

**19. Ковеллин** (медное индиго)  $\text{CuS}$  (Cu 66,4; S 33,6). Примеси: Fe, реже Pb, Ag и Se. По данным последних исследователей формула ковеллина  $\text{Cu}_2^+ \text{S} \cdot \text{Cu}^{2+} \text{S}_2$ .

Гекс с. Кристаллы очень редки; преимущественно сплошной и в виде сажистых налетов и побжалости. Кристаллическая структура сложная, листовая.

Цвет синий. Черта синевато-серая до черной. Блеск металлоидный. Сп. весьма совершенная: минерал расщепляется на листочки. Тв. 1,5—2. В тонких пластинках гибкий. Уд. в. до 4,68. Хорошо проводит электричество.

П. п. тр. горит голубым пламенем, распространяя запах сернистого газа, и сплавляется в шарик состава халькозина  $\text{Cu}_2\text{S}$ .

*Происхождение.* Экзогенный — в зоне цементации по пириту  $\text{FeS}_2$ , халькопириту  $\text{CuFeS}_2$ , борниту  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ; сфалериту  $\text{ZnS}$  и галениту  $\text{PbS}$ :

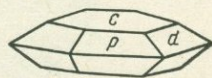
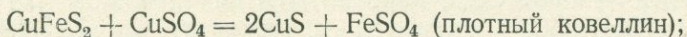
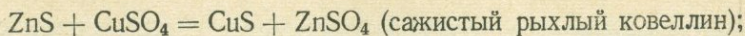


Рис. 54. Халькозин:  $c(001)$ ,  $d(021)$ ,  $p(111)$



*Спутники.* Кроме упомянутых выше минералов, халькозин, блеклые руды, лимонит.

*Месторождения.* Широко распространен, но обычно встречается в небольшом количестве. В СССР: Блявинское на Урале. За границей: Бьюте (штат Монтана); Мансфельдское в ГДР — в медистых песчаниках.

*Значение.* Медная руда.

**20. Халькопирит** (медный колчедан)  $\text{CuFeS}_2$  (Cu 34,5; Fe 30,5; S 35,0). В качестве примеси содержит Au, Ag, Se, Te.

Тетр. с.; вид. симм.  $L_4^2 2L^2 2P$ . Кристаллы тетраэдрической формы. Характерны двойники (рис. 55). Обычно сплошные массы и вкрапленники. Структура по типу сфалерита (рис. 56).

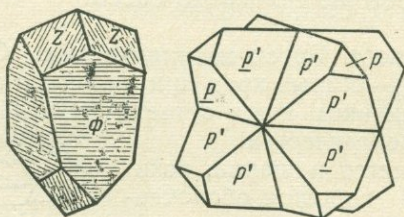


Рис. 55. Халькопирит:  $\rho(111)$ ,  $\rho'(1\bar{1}1)$ ,  $z(201)$ ,  $\Phi(10.8.11)$

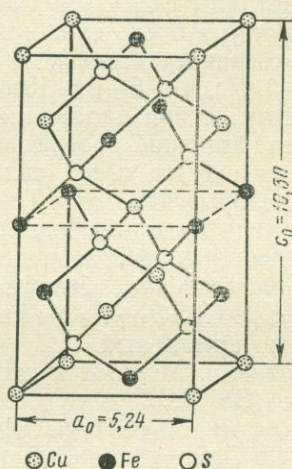


Рис. 56. Структура халькопирита

⊙ Cu   ● Fe   ○ S

Цвет латунно-желтый. Черта зеленовато-черная. Блеск металлический. Хрупок. Сп. нет. Тв. 3,5—4. Уд. в. 4,2. Плохой проводник электричества.

В закрытой трубке при нагревании растрескивается и дает возгон серы. На угле плавится в магнитный шарик. Из обожженного минерала с содой восстанавливается корольек меди. Обожженный минерал с перлами реагирует на Cu и Fe.

*Происхождение.* Преимущественное гидротермальное — в жилах и контактовых зонах.

*Спутники.* Пирит  $\text{FeS}_2$ , пирротин  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , сернистые соединения Cu, Zn, Pb, Ag, Ni, Co, иногда молибденит  $\text{MoS}_2$ , касситерит  $\text{SnO}_2$ , вольфрамит  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ . Минералы жильного тела: кварц  $\text{SiO}_2$ , барит  $\text{BaSO}_4$ , кальцит  $\text{CaCO}_3$ . В контактовых месторождениях: гранат (андрадит  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$ ), магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ , иногда шеелит  $\text{CaWO}_4$  и молибденит  $\text{MoS}_2$ . Продукты выветривания: самородная медь; вторичные сульфиды в зоне цементации — халькозин  $\text{Cu}_2\text{S}$ , ковеллин  $\text{CuS}$ , борнит  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ , хлориды меди — атакамит  $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ ; окислы меди — куприт  $\text{Cu}_2\text{O}$ , тенорит  $\text{CuO}$ ; карбонаты меди — малахит  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$ , азурит  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_2$ ; сульфаты — халькантит  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , брошан-

тит  $\text{Cu}_4(\text{OH})_6[\text{SO}_4]$ ; силикаты меди — хризоколла  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2 [\text{Si}_4\text{O}_{10}] \times n\text{H}_2\text{O}$ .

*Месторождения.* В СССР: Турьинские — контактовые и Блява — колчеданного типа на Урале; Зангезурское и Агаракское в Армянской ССР; Джекказганское и Бошекульское в Казахской ССР; Алмалыкское в Узбекской ССР — типа вкрапленных руд. За границей: Бисби, штат Аризона в США — контактовое.

*Значение.* Важнейшая медная руда.

**21. Кубанит**  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$  (Cu 23,42; Fe 41,15; S 35,43).

Ромб. с. Кристаллы редки. Встречается в виде тонких пластинок в халькопирите, вместе с пирротинном.

Цвет латунно-желтый до бронзово-желтого. Сп. нет. Тв. 3,5. Уд. вес. 4,03—4,18. Сильно магнитен.

*Происхождение.* Минерал редкий. Образуется при распаде твердого раствора его в халькопирите при температуре около  $450^\circ$ . Известен в месторождениях магматического типа в связи с основными породами, иногда в контактах.

*Спутники.* Халькопирит  $\text{CuFeS}_2$ , пирротин  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , пентландит  $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$ , магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ .

**22. Борнит** (пестрая медная руда)  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$  (Cu 55,5; Fe 16,4; S 28,1). Часто содержит Ag.

Куб. с.; вид. симм.  $3L^{44}L^{36}L^{29}PC$ . Кристаллы редки. Обычно встречается в виде зерен и сплошных масс.

Цвет томпаково-бурый (темный медно-красный) с пестрой побелостью. Блеск металлический. Сп. нет. Тв. 3. Уд. в. около 5. Проводник электричества.

П. п. тр. реагирует подобно халькопириту.

*Происхождение.* Гипергенный — в зоне цементации, гидротермальный — в жилах, и контактово-метаморфический. Гипергенный борнит наиболее распространен, образуется за счет халькопирита. По борниту, в свою очередь, может образоваться вторичный халькопирит.

*Спутники.* Халькопирит и другие первичные и вторичные минералы меди.

*Месторождения.* В СССР: Карпушинское на Урале — колчеданного типа. За границей: Бьюте в штате Монтана, США.

*Значение.* Медная руда.

**23. Берцелианит**  $\text{Cu}_2\text{Se}$  (Cu 61,6; Se 38,4). Иногда содержит Ag и Tl.

Куб. с. Кристаллы неизвестны. Встречается в виде корочек и вкраплений в кальците и в виде порошковатых масс черного цвета.

Цвет зерен серебриано-белый с голубым оттенком, тускнеет до черного. Тв. 2. Уд. в. 6,7.

П. п. тр. легко плавится и издает сильный редечный запах селена. Из раствора в крепкой  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при прибавлении воды выпадает красный осадок селена.

Очень редкий. Известен в кальцитовых жилах в месторождении Скрикерум (Кальмар, Швеция) в ассоциации с другими селенидами.

**24. Домейкит**  $\text{Cu}_3\text{As}$  (Cu 71,8; As 28,2). Иногда содержит Sb (стибнидомейкит).

Куб. с. Кристаллы неизвестны. Встречается в виде плотных почковидных и гроздевидных образований и вкрапленников.

Цвет в свежем состоянии желтовато-белый легко тускнеет. Блеск металлический. Сп. нет. Тв. 3—3,5. Уд. в. 7,5.

П. п. тр. легко плавится, выделяет пары мышьяка, на угле дает налет  $As_2O_3$ .

*Происхождение.* Выделяется в последнюю стадию гидротермального процесса. Очень редок.

*Спутники.* Самородная медь, серебро, никелин  $NiAs$ .

*Месторождения.* В США: многочисленные рудники района медных месторождений Верхнего озера.

### Сульфосоли меди

**25. Блеклые руды.** Общая формула (приблизительно)  $3MeS \cdot R_2S_3$ , где  $Me = Cu_2, Fe, Ag_2, Zn, Hg$ ;  $R = Sb, As, Bi$ .

Упрощенная формула  $Cu_3(Sb, As)S_3$ . Иногда содержит  $Au$ .

Куб. с.; вид. симм.  $3L^24L^36P$ . Кристаллы — тетраэдры (рис. 57), отсюда название «тетраэдрит», чаще сплошные массы и вкрапленники.

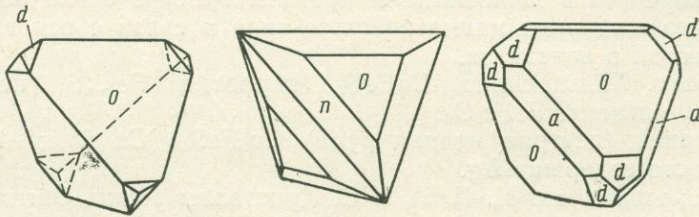


Рис. 57. Блеклая руда:  $a(100)$ ,  $o(111)$ ,  $d(110)$ ,  $n(211)$

Цвет стально-серый, до черного с зеленоватым оттенком, черта черная, иногда бурая. Блеск металлический, на изломе тусклый. Сп. нет. Тв. 3—4,5. Хрупкие. Уд. в. 4,5—5. Слабо электропроводны.

П. п. тр. легко сплавляются в шарик, на угле дают налет  $Sb_2O_3$  и  $As_2O_3$ .

*Разновидности.* Сурьмянистая блеклая руда — тетраэдрит  $Cu_3SbS_3$  ( $Cu$  52,1;  $Sb$  24,8;  $S$  23,1). Мышьяковистая блеклая руда — теннантит  $Cu_3AsS_3$  ( $Cu$  57,5;  $As$  17,0;  $S$  25,5). Смешанные блеклые руды  $3(Cu, Ag_2, Fe, Zn, Hg)S \cdot (Sb, As, Bi)_2S_3$  с различным, иногда значительным содержанием то сурьмы, то мышьяка. В зависимости от состава различают: фрейбергит, содержит 3—30%  $Ag$ ; шватцит — до 17%  $Hg$ ; малиновскит — от 13 до 16%  $Pb$ .

*Происхождение.* Мезотермальные — в рудных жилах; реже поверхностные — в зоне цементации сульфидных месторождений.

*Спутники.* Халькопирит и другие сульфиды; из нерудных — барит  $BaSO_4$ , кварц  $SiO_2$ , кальцит  $CaCO_3$ , иногда флюорит  $CaF_2$ .

*Месторождения.* Блеклые руды принадлежат к числу распространенных минералов, но редко образуют значительные скопления. В СССР: Березовское на Урале — золотосодержащие жилы с пиритом, халькопиритом, галенитом, самородным золотом и др.; Благодатный рудник в районе Березовского месторождения — кварцево-карбонатные жилы с крупными выделениями золотосодержащей блеклой руды, халькопирита и сфалерита.

*Значение.* Важная медная руда.

**26. Энаргит**  $Cu_3AsS_4 = 3Cu_2S \cdot As_2S_5$  ( $Cu$  48,36;  $As$  19,07;  $S$  32,57). Мышьяк частично замещается сурьмой (переход к фаматиниту  $Cu_3SbS_4$ ), а медь — цинком и железом.

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы мелкие, грани вертикаль-

ной призмы вдоль исстрихованы; встречаются также сплошные и зернистые массы.

Цвет железно-черный. Черта черная. Блеск сильный, металлический. Сп. ясная. Тв. 3. Уд. в. 4,36—4,47. Слабо электропроводен.

П. п. тр. на угле легко плавится, дает белый налет  $As_2O_3$ ; в остатке обнаруживается медь.

*Происхождение.* Гидротермальный — в мезотермальных кварцево-баритовых жилах с различными сульфидами. Минерал довольно редкий.

*Спутники.* Блеклая руда  $Cu_3(As, Sb)S_3$  (частично образовавшаяся за счет энаргита), сфалерит  $ZnS$ , галенит  $PbS$ , пирит, арсенопирит  $FeAsS$ , барит  $BaSO_4$ , халькопирит  $CuFeS_2$ .

*Месторождения.* В СССР: встречается редко и в очень небольшом количестве; микроскопические выделения энаргита известны в медно-колчеданных месторождениях Урала. За границей: Бьюте в штате Монтана, США; Морокоча в Перу и др.

*Значение.* В случае крупных скоплений — медная и мышьяковая руда.

#### МИНЕРАЛЫ СЕРЕБРА

#### Простые соединения серебра

**27. Аргентит** (серебряный блеск)  $Ag_2S$  (Ag 87,1; S 12,9).

Известны две модификации  $\alpha$ - $Ag_2S$  — аргентит; куб. с., устойчив при температуре  $>179^\circ$  и  $\beta$ - $Ag_2S$  — акантит, ромб. с; устойчив при температуре  $<179^\circ$ .

Кристаллы аргентита — кубы и октаэдры, также встречается в сплошных массах и корочках. Цвет свинцово-серый. Блеск металлический. Сп. нет. Тв. 2,5. Ковкий; строгаются и режутся ножом. Проводит электричество только при высокой температуре.

П. п. тр. плавится и в смеси с содой и порошком угля восстанавливается до металлического серебра.

*Происхождение.* Гидротермальный, — в мезо- и эпитеермальных жилах. Экзогенный — в зонах окисления и цементации.

*Спутники.* Первичные в жилах: серебро самородное, пираргирит  $Ag_3SbS_3$ , прустит  $Ag_3AsS_3$ , стефанит  $Ag_5SbS_4$ , полибазит  $(Ag, Cu)_{16}Sb_2S_{11}$ , золото, галенит  $PbS$ , сфалерит  $ZnS$ , блеклая руда  $Cu_3(Sb, As)S_3$ , висмут, кобальтовые и урановые минералы. Вторичные минералы: кераргирит  $AgCl$  и др., обычные для зоны окисления рудных месторождений.

*Месторождения.* В СССР: Змеиногорский, Салаирский и другие рудники на Алтае. За границей: Комстокская жила в штате Невада в США, Мексика, Фрейберг в Саксонии (ГДР).

*Значение.* Серебряная руда.

**28. Штрмейерит**  $(Ag, Cu)_2S$ ; содержит примесь Fe до 2,8%.

Ромб. с. Кристаллы редки, чаще плотные массы в виде прожилков. Цвет и черта темные стально-серые. Блеск металлический. Сп. нет. Тв. 2,5—3. Хрупкий. Уд. в. 6,15—6,30.

П. п. тр. сплавляется в слегка ковкий королек. Дает реакции на медь и серебро.

Макроскопически похож на ялпайт  $3Ag_2S \cdot Cu_2S$ , от которого отличается большей твердостью (тв. ялпайта 2,5) и хрупкостью (ялпайт гибок и ковок).

*Происхождение.* Экзогенный — в зоне цементации медных и серебряных месторождений, возможно, по халькопириту и борниту.

*Спутники.* Барит  $BaSO_4$ , халькопирит  $CuFeS_2$ , золото, галенит  $PbS$ , пирит  $FeS_2$ , сфалерит  $ZnS$ , блеклая руда  $Cu_3(Sb, As)S_3$ , серебро, аргентит  $Ag_2S$ .

*Месторождения.* В СССР: Змеиногорский рудник на Алтае:

**29. Штернберgit** (серебряный колчедан)  $AgFe_2S_3$  (Ag 34,13; Fe 35,45; S 30,42).

Ромб. с. Кристаллы таблитчатые, напоминают кристаллы халькозина.

Цвет томпаково-бурый (темный медно-красный) с синей побежалостью. Сп. весьма совершенная. Мягкий, тв. 1—1,5. Тонкие пластинки, гибкие. Уд. в. 4,2—4,25.

П. п. тр. плавится в магнитный шарик, покрытый пленкой серебра.

*Происхождение.* Мезотермальный — в жилах с баритом и сульфидами серебра.

*Спутники.* Самородное серебро, аргентит  $Ag_2S$ , пираргирит  $Ag_3SbS_3$  и другие сернистые соединения серебра, блеклые руды  $Cu_3(Sb, As)S_3$ .

*Месторождения.* В СССР: в небольшом количестве в Благодатном медно-золотом месторождении на Урале. За границей: известен в жилах серебряно-баритовой формации Яхимова (ЧССР), Шнееберга (ГДР) и др.

*Значение.* Входит в состав серебряных руд.

**30. Гессит**  $Ag_2Te$  (Ag 63,3; Te 36,7). Иногда содержит золото.

Куб. с. Обычно сплошные зернистые массы.

Цвет от светло-серого до стально-серого. Хорошо проводит электричество. Сп. неясная. Тв. 2,5—3. Ковкий, слегка режется ножом. Уд. в. 8,31—8,45.

П. п. тр. плавится в черный шарик, который после прокаливания в восстановительном конусе при охлаждении покрывается дендритами серебра. При нагревании в концентрированной  $H_2SO_4$  окрашивает последнюю в красный цвет. При прибавлении воды красный цвет исчезает и осаждается черновато-серый порошок теллура.

*Происхождение.* Гидротермальный — в кварцевых золото-серебряных жилах с теллуридами золота и серебра. Иногда образуется по пириту.

*Спутники.* Алтаит  $PbTe$ , пирит  $FeS_2$ , сфалерит  $ZnS$ , блеклая руда  $Cu_3(Sb, As)S_3$ , галенит  $PbS$ , серебро, кераргирит  $AgCl$ .

*Месторождения.* В СССР: Заводинский рудник на Алтае, где гессит впервые был открыт Г. Розе в 1830 г.; отсюда известны куски этого минерала весом в несколько килограммов.

**31. Дискразит**  $Ag_3Sb$  (Ag 72,9; Sb 27,1).

Ромб. с. Кристаллы редки, чаще листоватые и зернистые сплошные массы.

Цвет и черта серебряно-белые до оловянно-белых. Блеск металлический. Сп. ясная. Тв. 3,5—4. Режется ножом. Уд. в. до 10. Хороший проводник электричества.

П. п. тр. на угле легко плавится, уголь покрывается налетом  $Sb_2O_3$ . После прокаливания остается содержащий сурьму королек серебра.

*Происхождение.* Гидротермальный — в месторождениях серебра.

*Спутники.* Самородное серебро, галенит, пираргирит  $Ag_3SbS_3$ .

кальцит  $\text{CaCO}_3$ , барит  $\text{BaSO}_4$ , иногда никелин  $\text{NiAs}$ , шмальтин  $\text{CoAs}_{3-2}$ , кобальтин  $\text{CoAsS}$  и др. При выветривании дискразита образуются самородное серебро (моховидные агрегаты) и сурьмяная охра.

*Месторождения.* Минерал редкий. В СССР: имеются указания на присутствии дискразита в Змеиногорском и Зырянском месторождениях на Алтае. За границей: Вольфах и Шварцвальде (ФРГ) и Кобальт в штате Онтарио, Канада.

## Сульфосоли серебра

Различают красные серебряные руды — прустит и пираргирит, и черные серебряные руды — стефанит и полибазит. Различие основывается на цвете минералов в порошке. Первые беднее серебром, но имеют более широкое распространение.

**32. Прустит** (красная светлая серебряная руда)  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$  (Ag 65,5; As 15,1; S 19,4).

Триг. с.; вид. симм.  $L^3P$ . Кристаллы столбчатые, иногда плоские в виде примазок; кроме того, сплошные массы и вкрапленники.

Цвет и черта ярко-красные. Блеск сильный, алмазный. Минерал прозрачный до просвечивающего. Сп. довольно ясная. Тв. 2—2,5. Хрупкий. Уд. в. 5,57—5,64. Электричества не проводит.

В закрытой трубке при нагревании легко плавится и дает красно-вато-желтый до красного возгон сернистого мышьяка. На угле дает налет  $\text{As}_2\text{O}_3$ . Образующийся при этом хрупкий серебросодержащий королек при прокаливании с содой превращается в серебряный королек.

*Происхождение.* Гидротермальный — в кварцево-кальцитовых жилах с цинковой обманкой и свинцовым блеском и в жилах с арсенидами никеля и кобальта. Указывался гипергенный прустит.

*Месторождения.* Менее распространен, чем пираргирит. В СССР: Мингазейское свинцовое в Якутии — в небольшом количестве в жилах со сфалеритом, тетраэдритом  $\text{Cu}_3\text{SbS}_3$ , пираргиритом  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$ , станнином  $\text{SnCu}_2\text{FeS}_4$  и касситеритом  $\text{SnO}_2$ .

*Значение.* Руда серебра.

**33. Пираргирит** (красная темная серебряная руда)  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$  (Ag 59,97; Sb 22,91, S 17,82). В качестве примеси содержит As и Zn.

Триг. с.; вид. симм.  $L^3P$ . Кристаллы скаленоэдрического облика (рис. 58); иногда сплошные массы и вкрапленники.

Цвет темный, в порошке кошенильно-красный или вишнево-красный. Блеск полуметаллический. Сп. ясная. Тв. 2,5. Хрупкий. Уд. в. 5,75—5,85. Электричества не проводит.

П. п. тр. сильно дымит, на угле дает белый налет  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  и оставляет королек серебра.

*Происхождение.* Пираргирит выделяется обычно в последние стадии гидротермального процесса; иногда гипергенный, часто замещает сфалерит  $\text{ZnS}$ , стефанит  $\text{Ag}_5\text{SbS}_4$ ; блеклые руды и др.; в свою очередь, замещается полибазитом  $(\text{Ag}, \text{Cu})_{16}\text{Sb}_2\text{O}_{11}$  и аргентитом  $\text{Ag}_2\text{S}$ .

*Спутники.* Прустит  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ , тетраэдрит  $\text{Cu}_3\text{SbS}_3$ , галенит  $\text{PbS}$ , мышьяковистые соединения Co и Ni, самородное серебро, мышьяк, из нерудных — кальцит.

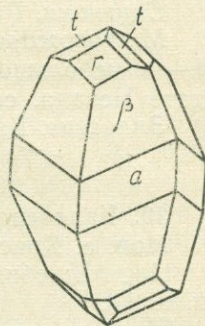


Рис. 58. Пираргирит:  
 $a(11\bar{2}0)$ ,  
 $\beta(21\bar{3}0)$ ,  $t(21\bar{3}4)$ ,  
 $r(10\bar{1}1)$

*Месторождения.* За границей: Андреасберг на Гарце в ГДР; Пршибрам в Чехословакии; Гванахуато в Мексике.

*Значение.* Руда серебра.

**34. Стефанит** (черный серебряный блеск)  $\text{Ag}_5\text{SbS}_4$  (Ag 68,5; Sb 15,2; S 16,3).

Ромб. с. Кристаллы таблитчатые; чаще сплошной и в виде вкрапленников.

Цвет и черта железно-черные. Непрозрачен. Блеск металлический. Сп. несовершенная. Тв. 2—2,5. Хрупкий. Уд. в. 6,2—6,3.

П. п. тр. на угле растрескивается и плавится. В разбавленной  $\text{HNO}_3$  разлагается с выделением S и  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ .

*Происхождение.* Гидротермальный — в жилах с другими минералами серебра. Отвечает мезотермальной стадии процесса.

*Спутники.* Пираргирит  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$ , серебряный блеск  $\text{Ag}_2\text{S}$ , самородное серебро, галенит  $\text{PbS}$ , сфалерит  $\text{ZnS}$ , тетраэдрит  $\text{Cu}_3\text{SbS}_3$ , барит  $\text{BaSO}_4$  и др.

*Месторождения.* В СССР: есть указания на присутствие стефанита в Змеиногорском, Лениногорском и других месторождениях Алтая. За границей: Комстокская жила в штате Невада США; Андреасберг на Гарце в ГДР, Пршибрам в Чехословакии.

**35. Полибазит** (Ag, Cu) $_{16}\text{Sb}_2\text{S}_{11}$  (Ag 62,75; Sb 5—11; Cu 3—10; S 15), сурьма частично замещается мышьяком.

Мон. с. Кристаллы в виде тонких шестигранных табличек с треугольной штриховкой на гранях (001).

Цвет железно-черный. Черта черная. Почти непрозрачен. В тонких осколках слегка просвечивает вишнево-красным цветом. Сп. несовершенная. Тв. 2—3. Уд. в. 6—6,2.

П. п. тр. на угле разбрызгивается и плавится в шарик, дает налет  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ .

*Происхождение.* Гидротермальный, как и другие сернистые минералы серебра.

*Спутники.* Различные сложные сульфиды Pb и Ag.

*Месторождения.* Очень редок. В СССР: Кзыл-Эспе в Казахстане — в небольшом количестве. За границей: Комстокская жила в штате Невада, серебряные рудники в Мексике; Фрейберг в Саксонии.

*Значение.* Важная руда серебра.

#### МИНЕРАЛЫ ЗОЛОТА

**36. Калаверит**  $\text{AuTe}_2$  (Au 44,03; Te 55,97). Содержит примесь Ag.

Мон. с. Кристаллы мелкие, плоские; иногда тонкозернистые массы. Цвет серебряно-белый. Блеск металлический. Сп. нет. Тв. 2,5. Уд. в. 9,0.

П. п. тр. на угле сплавляется в темный серый королек, из которого после продолжительного дутья получается ковкий королек желтого цвета. В открытой трубке при нагревании дает белый возгон, сплавляющийся в бесцветные капли. При нагревании небольшого количества лорощка в концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  минерал разлагается, окрашивая раствор в красновато-фиолетовый цвет. В  $\text{HNO}_3$  разлагается с выделением золота в виде осадка ржавого цвета.

*Происхождение.* Гидротермальный невысоких температур. Редок.

*Спутники.* Золото, сильванит  $\text{AuAgTe}_4$ , петцит  $(\text{Au}, \text{Ag})_2\text{Te}$ , тетраэдрит  $\text{Cu}_3\text{SbS}_3$ , пирит, молибденит  $\text{MoS}_2$ , флюорит  $\text{CaF}_2$ .

*Месторождения.* Калаверас (Калифорния) — золотоносные жилы.

**37. Сильванит** (письменная руда)  $\text{AuAgTe}_4$  (Au 24,5; Ag 13,4; Te 62,1).

Мон. с. Характерны скелетные формы; иногда плотные и зернистые массы.

Цвет и черта стально-серые с желтоватым оттенком. Блеск металлический. Сп. совершенная. Тв. 1,5—2. Хрупкий. Уд. в. 7,9—8,3.

П. п. тр. на угле легко сплавляется в темно-серый королек, при этом уголь покрывается белым налетом. В восстановительном пламени налет исчезает, причем пламя окрашивается в синевато-зеленый цвет. После продолжительного дутья получается желтый ковкий королек — сплав серебра с золотом. Крепкая  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при нагревании с порошком минерала окрашивается в фиолетовый цвет.  $\text{HNO}_3$  выделяет из этого раствора золото в виде тонкого осадка ржавого цвета;  $\text{HCl}$  вызывает образование осадка  $\text{AgCl}$ .

*Происхождение.* Гидротермальный.

*Спутники.* Самородное золото и другие теллуристые соединения золота и серебра; креннерит  $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$ , нагиагит  $\text{AuPb}_6(\text{Te}, \text{S})_{14}$ .

*Месторождения.* Нагиаг в Румынии — золотосные жилы в трахитовых породах.

**38. Нагиагит**  $\text{AuPb}_6(\text{Te}, \text{S})_{14}$ . Обычная примесь до 7% Sb. Один из анализов показал содержание: Au 7,51; Pb 56,81; Fe 0,41; Sb 7,39; Te 17,72; S 10,76.

Тетр. с. Кристаллы таблитчатые по (010).

Черта и цвет свинцово-серые. Блеск металлический. Сп. весьма совершенная по (010). Листочки гибкие. Тв. 1—1,5. Уд. в. 6,8—7,2.

П. п. тр. легко плавится. С содой дает королек золота. На угле образуются налеты  $\text{PbO}$  и  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ .

*Происхождение.* Гидротермальный невысоких температур — в жилах с самородным золотом, другими теллуридами и различными сульфидами.

*Месторождения.* Те же, что и у сильванита.

## Ряд цинка — кадмия — ртути

### МИНЕРАЛЫ ЦИНКА

**39. Сфалерит** (цинковая обманка)  $\text{ZnS}$  (Zn 67,0; S 33,0). Примеси: до 20% и более Fe; до 3,4% Cd в поздних сфалеритах; около 0,002% Ga, иногда до 0,2% в высокотемпературных сфалеритах; редко  $>1\%$  Mn в наиболее высокотемпературных разновидностях; иногда до 0,1% In в ранних цинковых обманках, богатых Fe. Кроме того, иногда содержит следы Tl, а также золото, серебро, ртуть и олово.

Куб. с.; вид. симм.  $3L^24L^36P$ . Встречается в виде кристаллов тетраэдрического облика (рис. 59) и сплошных крупно- и мелкозернистых масс.

Структура похожа на структуру алмаза (рис. 60).

Цвет в зависимости от содержания железа от почти бесцветного до темно-бурого, почти черного. Темные сфалериты обычно более высокотемпературные. Черта белая, светло-желтая до темно-коричневой. Блеск алмазный до полуметаллического. Сп. весьма совершенная по ромбододекаэдру (в шести направлениях). Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,9—4,2. Некоторые разновидности (светлые) люминесцируют при разламывании и царапании иглой в темноте. Электричества не проводит.

П. п. тр. в восстановительном конусе Cd-содержащие разновидности

сти дают на угле сначала красновато-коричневый налет  $CdO$ , а затем налет  $ZnO$ , желтовато-белый в горячем состоянии и белый после охлаждения, который после смачивания каплями  $Co(NO_3)_2$  и прокаливания в окислительном конусе переходит в  $ZnO \cdot CoO$ , зеленого цвета. В  $HCl$  сфалерит разлагается с образованием  $H_2S$ .

*Разновидности.* Клейофан — светлая цинковая обманка, по цвету иногда напоминает канифоль, обычно наиболее низкотемпературная. Марматит — темная богатая железом цинковая обманка (>10% Fe), относительно высокотемпературная; наиболее железистая ее разновидность называется кристофитом. Скорлуповатая

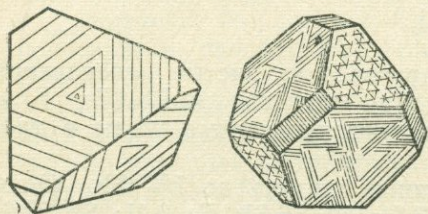


Рис. 59. Сфалерит

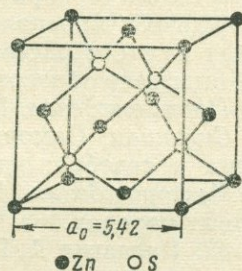


Рис. 60. Структура сфалерита

и печенковая обманка — скрытокристаллические разновидности. Гумучионит — сфалерит, окрашенный реальгаром в малиново-красный или розово-красный цвет, почковидный.

*Происхождение.* Гидротермальный, редко пневматолитический — в рудных жилах и контактовых зонах. Гипергенный — в зоне цементации (вторичный сфалерит):  $ZnSO_4 + FeS_2 + H_2O \rightarrow FeSO_4 + ZnS + H_2SO_4$  (необходима нейтрализация  $H_2SO_4$ , для того чтобы  $ZnS$  мог сохраниться).

*Спутники.* Различные сернистые соединения, особенно галенит  $PbS$ . Из нерудных — кварц, барит  $BaSO_4$ , флюорит  $CaF_2$ , иногда карбонаты, в том числе анкерит  $Ca(Mg, Fe, Mn)[CO_3]_2$ . Продукты разложения: гринокит  $CdS$ , смитсонит  $ZnCO_3$ , каламин  $Zn_4(OH)_2[Si_2O_7] \times H_2O$ , госларит  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ .

*Месторождения.* В СССР: Садонское на Северном Кавказе, Карпушинское и другие медные колчеданного типа в районе Калатинского рудника на Урале; Салаирское и др. на Алтае; Тетюхе на побережье Японского моря и многие другие. За границей: Джоплин, штат Миссури в США — в известняках.

*Значение.* Главная цинковая руда. Попутно могут добываться  $Cd$ ,  $In$ ,  $Ga$ .

**40. Вюрцит** (лучистая цинковая обманка)  $ZnS$  ( $Sn$  67,0;  $S$  33,0). По сравнению со сфалеритом содержит больше  $Cd$ .

Гекс. с.; вид симм.  $L^6P$ . Кристаллы редки. Встречается обычно в виде сплошных масс жилковатого сложения.

Цвет от почти бесцветного до бурого и красновато-бурого в зависимости от содержания железа. Блеск жирный. Сп. совершенная по  $(10\bar{1}0)$ . Тв. 3,5—4. Хрупкий. Уд. в. 4,0—4,3.

Отношение к п. тр. и кислотам такое же, как и сфалерита.

*Происхождение.* Минерал сравнительно редкий. Гидротермаль-

ный — выделяется из кислых растворов в отличие от сфалерита, связанного обычно с щелочными растворами; относится к эпитермальным минералам; изредка высокотемпературный, например эритроцинкит, найденный в месторождении ляпис-лазури в верховьях р. Слюдянки на юге Байкала, отличающийся содержанием марганца.

*Спутники.* Сфалерит, особенно скорлуповатая цинковая обманка, иногда касситерит  $\text{SnO}_2$ , висмутовый блеск  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ , станный  $\text{SnCu}_2\text{FeS}_4$ .

*Месторождения.* В СССР — очень редок. За границей: Чехословакия и Румыния; Боливия и Перу; Бьюте и Джоплин в США.

#### МИНЕРАЛЫ КАДМИЯ

##### 41. Гринокит (кадмиевая обманка) $\text{CdS}$ (Cd 77,7; S 22,3).

Гекс. с.; вид симм.  $L^6P$ . Кристаллы редки, призматические, гемиморфные; чаще встречается в виде тонких налетов.

Цвет лимонно-желтый или оранжево-желтый. Блеск алмазный. Просвечивает. Сп. совершенная по  $(10\bar{1}0)$ . Тв. 3—3,5. Уд. в. 4,9—5.

П. п. тр. на угле с содой дает красно-бурый налет. В  $\text{HCl}$  разлагается с выделением  $\text{H}_2\text{S}$ .

*Происхождение.* Редкий, преимущественно гипергенный — в связи с разрушением цинковой обманки. Необходимы особые условия для образования гринокита, так как получающийся при выветривании кадмийсодержащих цинковых обманок сульфат кадмия легко вымывается вследствие большой его растворимости.

*Спутники.* Сфалерит  $\text{ZnS}$ , смитсонит  $\text{ZnCO}_3$ , кальцит  $\text{CaCO}_3$ .

*Месторождения.* В СССР: Такобское в Таджикской ССР и др. За границей: Пршибрам в Чехословакии и Бишоптон в Шотландии.

#### МИНЕРАЛЫ РТУТИ

##### 42. Киноварь. $\text{HgS}$ (Hg 86,2; S 13,8).

Триг. с.; вид симм.  $L_6^3 3L^2$ . Кристаллы ромбоэдрической формы; часто двойники прорастания (рис. 61). Наиболее обычны сплошные зернистые массы.

Цвет красный (кошенильно-красный), иногда свинцово-серый до черного. Черта красная. Блеск алмазный. Сп. совершенная по призме  $(10\bar{1}0)$ . Тв. 2—2,5. Уд. в. 8—8,2. Сильно вращает плоскость поляризации: в 15 раз сильнее чем кварц. В отличие от метациннабарита киноварь является электроизолятором

При нагревании в закрытой трубке с содой или железными опилками возгоняется ртуть, которая осаждается в виде капелек на холодных частях трубки.

*Разновидности.* Печенковая руда, иначе коралловая руда, темно-бурого, почти черного цвета, черта красная. Представляет собой тесную смесь киновари, глины и битуминозных веществ; встречается в виде плотных, иногда скорлуповатых масс.

*Происхождение.* Гидротермальная — осаждается из горячих водных растворов, содержащих сернистые щелочи; выделяется в результате нейтрализации щелочных ртутных растворов вблизи поверхности. Относится к числу типичных эпитермальных минералов.

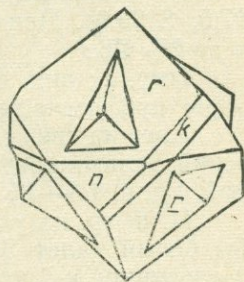


Рис. 61. Киноварь:  $r(10\bar{1}1)$ ,  $n(20\bar{2}1)$ ,  $k(4263)$

*Спутники.* Антимонит  $Sb_2S_3$ , самородная ртуть, пирит, марказит, реальгар  $AsS$ , из нерудных — кварц, флюорит  $CaF_2$ , барит  $BaSO_4$ , халцедон, опал  $SiO_2 \cdot nH_2O$ .

*Месторождения.* В СССР: Никитовка, Донбасс — в песчаниках; Хайдаркан, Киргизская ССР — в рудной брекчии с кварцем, антимонитом  $Sb_2S_3$  и флюоритом  $CaF_2$ ; Нерчинский район в Забайкалье — в россыпях с золотом. За границей: Альмаден в Испании — в кварцитах, разрабатывалось греками задолго до нашей эры, одно из крупнейших; Идрия в Югославии открыто в 1497 г.

Ввиду трудной окисляемости киноварь нередко встречается в россыпях.

*Значение.* Важнейшая ртутная руда, а также природная краска.

**43. Метациннабарит  $HgS$  ( $Hg$  86,2;  $S$  13,8).**

Куб. с.; вид. симм.  $3L^24L^36P$ . Встречается в виде мелких тетраэдров, иногда сплошных зернистых масс.

Цвет и черта черные. Блеск металлический. Сп. нет. Тв. 3. Уд. в. 7,6—7,7. В отличие от киновари хорошо проводит электрический ток.

П. п. тр. и по отношению к кислотам и другим химическим реагентам ведет себя подобно киновари.

*Происхождение.* Редкий. Вторичный минерал ртутных месторождений. В отличие от киновари выпадает из кислых сульфатных вод.

*Спутники.* Киноварь  $HgS$ , антимонит  $Sb_2S_3$ , кварц, флюорит  $CaF_2$ .

*Месторождения.* Хайдарканское ртутное в Киргизской ССР — в виде черных пленок на кристаллах киновари.

## Ряд олова — свинца

### МИНЕРАЛЫ ОЛОВА

#### Простые соединения олова

**44. Станнин** (оловянный колчедан)  $SnCu_2FeS_4$  ( $Cu$  29,5;  $Fe$  13,1;  $Sn$  27,5;  $S$  29,9). Примеси: до 10%  $Zn$ , до 3%  $Sb$ , до 1,5%  $Cd$ , до 1%  $Ag$  и до 2%  $Pb$ .

Тетр. с.; вид. симм.  $L_4^22L^22P$ . Кристаллы редки, напоминают тетраэдры куб. с.; обычно сплошной зернистый и в виде вкрапленников.

Цвет на свежем изломе стально-серый, иногда желтоватый от включений халькопирита. Блеск металлический. Сп. неясная. Тв. 3,5. Хрупкий. Уд. в. 4,3—4,5. Хорошо проводит электричество.

П. п. тр. на угле плавится, с поверхности белеет и дает около пробы белый налет  $SnO_2$ . В  $HNO_3$  легко разлагается с выделением серы и оловянной кислоты ( $SnO_2$ ).

*Происхождение.* Гидротермальный — в кварцевых жилах с сульфидами (мезо- и гипотермальный), реже в контактово-метаморфических месторождениях.

*Спутники.* Халькопирит  $CuFeS_2$ , сфалерит  $ZnS$ , галенит  $PbS$ , пирит  $FeS_2$ , пирротин  $Fe_{1-x}S$ , арсенопирит  $FeAsS$ , касситерит  $SnO_2$  (иногда замещает станнин по трещинкам), вольфрамит ( $Fe, Mn$ )  $WO_4$ , жильбертит. Продукты окисления: деревянистое олово  $SnO_2$ .

*Месторождения.* В СССР: Хапчеранга в Забайкалье — кварцевые жилы с касситеритом. За границей: Боливия и о. Тасмания.

*Значение.* Оловянная руда, более редкая, чем касситерит.

## Сульфосоли олова

**45. Цилиндрит** (килиндрит)  $\text{Sn}_4\text{Pb}_3\text{Sb}_2\text{S}_{14}$  (Sn 26,5; Pb 34,8; Sb 13,6; S 25,1).

Сингония неизвестна. Встречается в виде сплошных масс с характерной скорлуповато-цилиндрической отдельностью.

Цвет черновато-свинцово-серый. Блеск металлический. Тв. 2,5. Уд. в. 5,46.

П. п. тр. легко плавится. В  $\text{HNO}_3$  при нагревании разлагается с выделением серы и окислов олова и сурьмы.

*Происхождение.* Гидротермальный невысоких температур — в серебряно-оловянных месторождениях Боливии в районе Поопо. Очень редкий.

*Спутники.* Франкеит  $\text{Sn}_3\text{Pb}_5\text{Sb}_2\text{S}_{14}$ , пирит, сфалерит и другие сульфиды; касситерит  $\text{SnO}_2$ .

**46. Франкеит**  $\text{Sn}_3\text{Pb}_5\text{Sb}_2\text{S}_{14}$  (Sn 17,1; Pb 49,7; Sb 11,7; S 21,5).

Мон. с. Встречается в виде таблитчатых кристаллов, сплошных листоватых или радиальнолучистых масс.

Цвет черновато-стально-серый. Блеск металлический. Сп. совершенная по (010). Тв. 2,5. Уд. в. 5,9.

П. п. тр. ведет себя подобно цилиндриту.

*Происхождение и спутники.* Те же, что и у цилиндрита. В серебряно-оловянных жилах Боливии находится иногда в большом количестве.

### МИНЕРАЛЫ СВИНЦА

#### Простые соединения свинца

**47. Галенит** (свинцовый блеск)  $\text{PbS}$  (Pb 86,6; S 13,4). Часто содержит серебро, до 0,1% и больше, иногда Se, Bi и др.

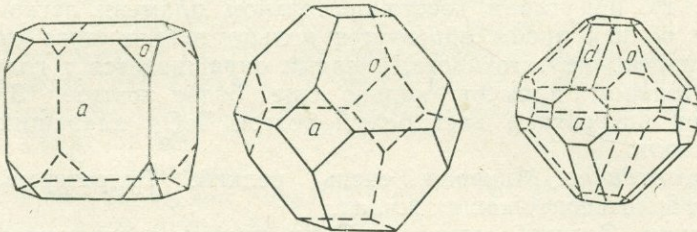


Рис. 62. Галенит:  $a(100)$ ,  $o(111)$ ,  $d(110)$

Куб. с.; вид симм.  $3L^4L^36L^29PC$ . Кристаллы в виде кубов, кубоктаэдров и более сложных комбинаций (рис. 62); наиболее обычны сплошные крупно- и мелкозернистые массы. Структура типа  $\text{NaCl}$  (рис. 63).

Цвет свинцово-серый. Блеск металлический. Сп. совершенная по кубу. В галените, содержащем висмут, наблюдается отдельность по октаэдру. Тв. 2,5. Уд. в. 7,5. Электропроводность слабая.

На угле в пл. п. тр. легко дает ковкий королек свинца и желтовато-белый налет  $\text{PbO}$ , при прокаливании на угле с  $\text{KJ}$  получается желтовато-зеленый налет  $\text{PbJ}_2$ .

*Происхождение.* Гидротермальный — в жилах, иногда образуется в контактовых зонах путем замещения боковых пород; редко пневматолитический. В качестве вторичного минерала встречается редко, что объясняется малой растворимостью в воде свинцовых соединений, образующихся при окислении галенита.

*Спутники.* Сфалерит  $ZnS$ , пирит  $FeS_2$ , пирротин  $Fe_{1-x}S$ , халькопирит  $CuFeS_2$  и другие сернистые соединения; кроме того, кварц, кальцит, барит  $BaSO_4$ , флюорит  $CaF_2$ . Продукты окисления: церуссит  $PbCO_3$ , англезит  $PbSO_4$ , пиломорфит  $Pb_5Cl[PO_4]_3$ , вульфенит  $PbMoO_4$ , свинцовые охры — массикот  $PbO$  и миниум (сурик)  $Pb_3O_4$ .

*Месторождения.* В СССР: Садонское на Северном Кавказе — руды представлены галенитом, сфалеритом  $ZnS$ , пиритом, пирротинном  $Fe_{1-x}S$  и халькопиритом  $CuFeS_2$ , нерудные минералы — кварцем и кальцитом; Лениногорское, Сокольное и др. на Алтае — рудные линзы среди роговиков, содержащие сфалерит, галенит, халькопирит и другие сернистые минералы; нерудные минералы — кварц, карбонаты, барит, сеицит, хлорит. За границей: штат Миссури в США — крупнейшие эпитеермальные свинцово-цинковые месторождения в доломитизированных известняках.

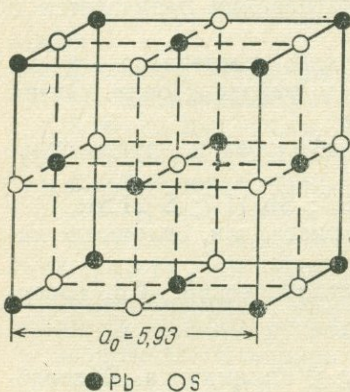


Рис. 63. Структура галенита

*Значение.* Важнейшая свинцовая руда.

**48. Алтаит  $PbTe$**  ( $Pb$  62,3;  $Te$  37,7).

Куб. с. Встречается в плотных зернистых массах, реже — в кубических кристаллах.

Цвет оловянно-белый с желтоватым оттенком. Блеск металлический. Сп. совершенная. Тв. 3. Уд. в. 8,16.

П. п. тр. на угле в восстановительном пламени легко плавится. При этом вблизи пробы образуется кольцо теллуристого свинца снаружи коричнево-желтого цвета, и пламя окрашивается в голубой цвет. В окислительном пламени кольцо еще более желтое. В открытой трубке при нагревании дает белый возгон  $TeO_2$ , плавящийся в бесцветные капли.

*Происхождение.* Минерал очень редкий. Гидротермальный — в кварцевых золотосодержащих жилах.

*Спутники.* Золото, гессит  $Ag_2Te$  и другие теллуристые соединения  $Au$  и  $Ag$ , пирит, сфалерит, галенит.

*Месторождения.* За границей: рудник Станислаус в Калифорнии; Кокимбо в Чили.

## Сульфосоли свинца

Минералы этой группы в большинстве отличаются игольчатой формой кристаллов, волокнистым сложением, большой хрупкостью. Встречаются в мезотермальных кварцевых жилах.

**49. Джемсонит  $Pb_2Sb_2S_5$**  ( $Pb$  50,8;  $Sb$  29,5;  $S$  19,7). Формула приблизительная. Иногда содержит до 3%  $Fe$ , а также  $Ag$ ,  $Cu$ ,  $Zn$ .

Мон. с. Кристаллы игольчатые. Часто наблюдаются волосовидные

формы и плотноволокнистые сплошные массы. Похож на антимонит и на более редкие цинкениит и менегинит<sup>1</sup>.

Цвет стально-серый до темно-стально-серого. Черта серовато-черная. Блеск металлический. Тв. 2—3. Уд. в. 5,5—6,0.

П. п. тр. легко плавится. В закрытой трубке при нагревании дает слабый налет S и  $Sb_2O_3$ . При прокаливании на угле почти полностью улетучивается, образуя налет, белый по краям и темно-желтый около пробы; с KJ дает желто-зеленый налет  $PbJ_2$ . При нагревании разлагается в HCl, при охлаждении раствора выпадает  $PbCl_2$ .

*Разновидности.* Плюмозит, отличается от джемсонита отсутствием железа и меньшей хрупкостью (гибкий).

*Происхождение.* Гидротермальный — в рудных жилах средних температур.

*Спутники.* Галенит  $PbS$ , антимонит  $Sb_2S_3$ , тетраэдрит  $Cu_3SbS_3$ , сфалерит  $ZnS$ , пирит  $FeS_2$ ; кроме того, сидерит  $FeCO_3$ , доломит  $CaMg[CO_3]_2$ , кальцит  $CaCO_3$ ; вторичные продукты: биндгеймит  $(Pb, Ca)_2OSb_2O_6 \cdot 8H_2O$  (неустойчив), англезит  $PbSO_4$ , церуссит  $PbCO_3$ , валентинит  $Sb_2O_3$ , сенармонтит  $Sb_2O_3$  и другие окислы Sb.

*Месторождения.* В СССР: Нагольный Кряж в Донбассе — в кварцевых жилах с цинковой обманкой, галенитом, бурнонитом  $PbCuSbS_3$ , буланжеритом  $Pb_5Sb_4S_{11}$ , тетраэдритом  $Cu_3SbS_3$ ; Дарасун в Забайкалье — с арсенопиритом  $FeAsS$ . За границей: Гора Бишоф в Тасмании и Цимапан в Мексике (редкий высокотемпературный тип).

**50. Буланжерит**  $Pb_5Sb_4S_{11}$  (Pb 55,4; Sb 25,7; S 18,9). Иногда часть Sb замещается As.

Мон. с. Кристаллы очень редки; обычно сплошные тонкозернистые и жилковатые спутанно-волокнистые массы, напоминающие сурьмяный блеск.

Цвет черновато-свинцово-серый. Блеск металлический с шелковистым отливом. Сп. средняя по (100). Тв. 2,5—3. Хрупкий. Уд. в. 5,7—6,3.

*Происхождение.* Мезотермальный — в кварцевых жилах с другими сложными сульфидами. Встречается чаще джемсонита.

*Месторождения.* В СССР: полиметаллические месторождения Нерчинского района, где буланжерит часто встречается с арсенопиритом и карбонатами; Нагольный Кряж в Донбассе — жилы со сфалеритом, галенитом, джемсонитом.

*Значение.* Свинцовая руда.

**51. Бурнонит** (колесная руда)  $PbCuSbS_3$  (Pb 42,5; Cu 13,0; Sb 24,7; S 19,8). Примеси: Fe до 5%, Ag до 3%.

Ромб. с.; вид. симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы толстопризматические, часто сросшиеся в характерные колесовидные четверники (рис. 64). Встречаются сплошные массы, вкрапленники и налеты.

Цвет темно-серый. Блеск металлический. Сп. несовершенная по (010). Тв. 2,5—3. Уд. в. 5,7—5,9. Электричества не проводит.

П. п. тр. на угле плавится, некоторое время дымится и затвердевает в черный королек, который при более сильном нагревании с KJ дает желто-зеленый налет  $PbJ_2$ . В  $HNO_3$  растворяется с выделением S и окиси Sb, причем раствор окрашивается в синий цвет.

<sup>1</sup> Цинкениит  $PbSbS_4$ . Ромб. с. Отличается от джемсонита меньшей хрупкостью (игельчатые кристаллы цинкениита более гибкие) и несколько большей твердостью (тв. 3—3,5). Менегинит  $Pb_{13}Sb_7S_{23}$ . Ромб. с. Отличается от джемсонита большим уд. в. (6,3—6,4) и меньшей хрупкостью.

**Происхождение.** Образуется в мезо- и эпитеpмальные стадии гидротермального процесса. Является одним из наиболее распространенных минералов из сульфосолей свинца.

**Спутники.** Тетраэдрит  $Cu_3SbS_3$ , галенит  $PbS$ , антимонит  $Sb_2S_3$ , иногда джемсонит  $Pb_2Sb_2S_5$ , реже буланжерит  $Pb_5Sb_4S_{11}$ .

**Месторождения.** В СССР: Нагольный Кряж в Донбассе — кварцевые жилы со сфалеритом, галенитом, джемсонитом, буланжеритом; Дарасун в Забайкалье — золоторудные жилы с арсенопиритом, полиметаллами. За границей: Нейдорф на Гарце в ГДР известен крупными кристаллами бурнонита.

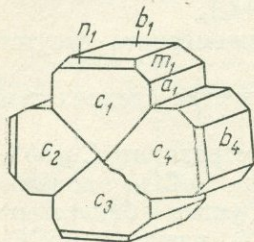


Рис. 64. Бурнонит, четверник  $a_1(100)$ ,  $b_1(010)$ ,  $c_1(001)$ ,  $m_1(110)$ ,  $n_1(011)$

**Значение.** Свинцовая и медная руда.

**52. Айкинит** (игольчатая руда, питринит)  $PbCuBiS_3$  (Pb 36,0; Cu 11,0; Bi 36,2; S 16,8). Примеси: Te и Au.

Ромб. с кристаллы игольчатые часто изогнутые, вросшие в кварц; продольно исштрихованы.

Цвет свинцово-серый, слегка желтоватый. Блеск металлический. Сп. несовершенная по (010). Тв. 2—2,5. Уд. в. 6,1—6,8.

П. п. тр. на угле легко плавится и дымит, покрывая уголь налетами  $Bi_2O_3$  и  $PbO$ ; с KJ дает ярко-красный налет  $BiJ_2$  и желто-зеленый  $PbJ_2$ . В  $HNO_3$  разлагается с выделением S и  $PbSO_4$ .

**Происхождение.** Гидротермальный — в высокотемпературных кварцевых жилах с пиритом, халькопиритом, золотом, блеклой рудой  $Cu_3(Sb, As)S_3$ , галенитом  $PbS$ , иногда вольфрамитом  $(Fe, Mn)WO_4$ , шеелитом  $CaWO_4$ .

**Месторождения.** В СССР: Березовское близ Свердловска на Урале — золоторудные жилы.

## Ряд мышьяка — сурьмы — висмута

### МИНЕРАЛЫ МЫШЬЯКА

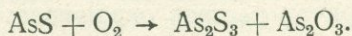
**53. Реальгар**  $AsS$  (As 70,1; S 29,9).

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Кристаллы мелкие, встречаются в виде друз; чаще зернистые и порошковатые массы и тонкие налеты.

Структура сложная.

Цвет яркий оранжево-красный. Блеск на гранях кристаллов алмазный. Сп. довольно совершенная по (010) и (120). Тв. 1,5—2. Уд. в. 3,55. Электричества не проводит.

При нагревании в закрытой трубке дает прозрачный красный возгон; в открытой трубке при медленном нагревании — запах сернистого газа и белый возгон  $As_2O_3$ . На угле в пл. п. тр. плавится, горит голубым пламенем и издает мышьяковистый, чесночный запах. Растворяется в едких щелочах. Разрушается на свету с образованием  $As_2O_3$  и  $As_2S_3$ :



**Происхождение.** Гидротермальный — типичный минерал эпитеpмальных месторождений. Вулканический — возгоны на стенках трещин и кратеров вулканов.

*Месторождения.* В СССР: Лухумское, Грузинская ССР. За границей: Алхар в Греции (Македония); Кагызман, район Карса на Кавказе (Турция).

*Значение.* Мышьяковая руда.

**54. Аурипигмент.**  $As_2S_3$  (As 61,0; S 39,0).

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Кристаллы обычно мелкие и плохо образованы, но иногда достигают очень крупных размеров. Чаще зернистые массы, шестоватые, гребенчатые агрегаты, порошковатые и землистые скопления и налеты. Нередко чешуйчатый и слюдоподобный.

Кристаллическая структура сложная, листовая.

Цвет золотисто-желтый. Сп. весьма совершенная в одном направлении — по (010); листочки по спайности гибкие. Тв. 1,5—2. Уд. в. 3,5. Электричества не проводит.

При нагревании в закрытой трубке дает темно-желтый возгон. Другие реакции те же, что и для реальгара.

*Месторождения.* Общие с реальгаром.

*Значение.* Мышьяковая руда.

#### МИНЕРАЛЫ СУРЬМЫ

**55. Антимонит** (стибнит, сурьмяный блеск)  $Sb_2S_3$  (Sb 71,4; S 28,6).

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы призматические с грубой вертикальной штриховкой и тонкой поперечной двойниковой штриховкой, часто игольчатые кристаллы и агрегаты (рис. 65). Кристаллическая структура ленточная.

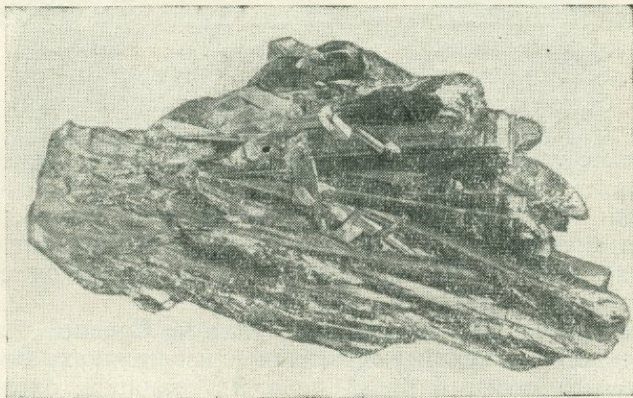


Рис. 65. Антимонит

Цвет стально-серый. Блеск металлический. Сп. совершенная по длине кристаллов — по (010). Тв. 2. Несколько гибок. Уд. в. 4,6. Электричества не проводит.

Плавится в пламени паяльной трубки, окрашивая его в зеленоватый цвет. В открытой трубке при прокаливании образуется  $SO_2$  и белый налет  $Sb_2O_3$ . При прокаливании на угле дает запах  $SO_2$ , густой белый дым и налет  $Sb_2O_3$ . Последний улетает в восстановительном пл. п. тр., окрашивая пламя в голубовато-зеленый цвет. Порошок минерала под действием КОН окрашивается в ярко-оранжевый цвет.

*Происхождение.* Гидротермальный, редко пневматолитический. Вместе с киноварью, реальгаром и аурипигментом антимонит считается типичным эпитермальным минералом.

*Спутники.* Галенит  $PbS$ , сфалерит  $ZnS$ , пирит  $FeS_2$ , марказит  $FeS_2$ , киноварь  $HgS$ , реальгар  $AsS$ , аурипигмент  $As_2S_3$ , сульфостибниты  $Pb$  и  $Ag$  и др. Продукты окисления: сурьмяные охры — стибиконит  $Sb_3O_6(OH)$ , сервантит  $Sb_2O_4$ , валентинит  $Sb_2O_3$ , сенармонтит  $Sb_2O_3$ , кроме того, иногда кермезит  $Sb_2S_2O$ . Нерудные минералы: кварц, барит, кальцит, флюорит.

*Месторождения.* В СССР: Ноцарское в Грузинской ССР, интересное парагенезисом антимонита с ферберитом  $FeWO_4$ ; Тургайское в Казахской ССР — в осадочно-туфогенной толще; Кадамджайское в Киргизской ССР — в кремнистой брекчии в известняках; Раздольнинское в Красноярском крае — кварцевая жила в метаморфических сланцах, характерно присутствие очень похожего на антимонит бертьерита  $FeSb_2S_4$ . За границей: провинция Юнань в Китае; о. Шикоку в Японии — славился кристаллами антимонита.

*Значение.* Важнейшая сурьмяная руда.

#### МИНЕРАЛЫ ВИСМУТА

**56. Висмутин** (бисмутинит, висмутовый блеск)  $Bi_2S_2$  ( $Bi$  81,2;  $S$  18,8).

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы призматические, напоминают антимонит; с такой же, как у антимонита, совершенной спайностью по (010) и продольной штриховкой.

Цвет оловянно-белый. Блеск металлический. Тв. 2. Уд. в. 6,5. Электричества не проводит.

Очень легко плавится. При нагревании в открытой трубке выделяет  $SO_2$  и белый возгон  $Bi_2O_3$ , сплавляющийся в капли п. п. тр. При сплавлении на угле с  $KJ$  получается красный налет  $BiJ_3$ .

*Происхождение.* Гидротермальный и пневматолитический — в жилах глубинного типа, грейзенах и контактовых зонах.

*Спутники.* Молибденит  $MoS_2$ , арсенопирит  $FeAsS$ , халькопирит  $CuFeS_2$ , вольфрамит  $(Fe, Mn)WO_4$ , пирит  $FeS_2$ , кальцит  $CaCO_3$ . Продукты окисления: висмутовая охра  $Bi_2O_3$ , карбонаты висмута — в частности базобисмутит  $2Bi_2O_3 \cdot CO_2 \cdot H_2O$ .

*Месторождения.* В СССР: Бричмулла в Средней Азии, где висмутин встречается в кварцевых жилах в известняках; Белуха, Букука и другие вольфрамовые в Забайкалье. За границей: оловянные месторождения Боливии.

*Значение.* Важнейшая висмутовая руда.

**57. Тетрадимит**  $Bi_2(Te, S)_3$ , иногда содержит  $Se$  до 1%.

Триг. с. Кристаллы мелкие; чаще листоватый, пластинчатый или в виде зернистых масс.

Кристаллическая структура листовая, сложная.

Цвет стально-серый. Черта серая. Блеск металлический. Сп. весьма совершенная по (0001). Пластинки, отцепленные по спайности, гибкие. Тв. 1,5—2. Пишет на бумаге. Уд. в. 7,2—7,6. Электропроводность слабая.

В открытой трубке дает белый налет  $TeO_2$ , сплавляющийся п. п. тр. в бесцветные капли. На угле целиком улетучивается, окрашивая пламя в голубовато-зеленый цвет.

*Спутники.* Золото и теллуристые соединения в кварцевых жилах.  
*Происхождение.* Гидротермальный — в жилах невысоких температур и контактово-метаморфических месторождениях.  
*Месторождения.* За границей: в ГДР.

## Ряд молибдена — вольфрама

### МИНЕРАЛЫ МОЛИБДЕНА

**58. Молибденит** (молибденовый блеск)  $\text{MoS}_2$  (Mo 60,0; S 40,0). Содержит рений до  $2 \cdot 10^{-4}\%$ .

Гекс. с. Кристаллы листоватые, часто радиальнолучистые агрегаты и оторочки кварцевых жил (рис. 66).

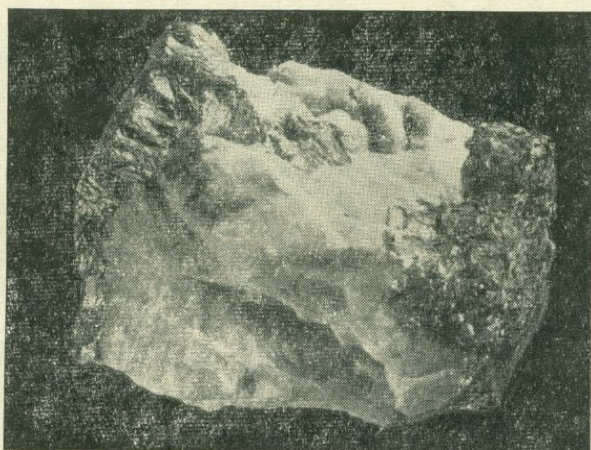


Рис. 66. Молибденит в зальбандах кварцевой жилы

Кристаллическая структура характерная листовая (рис. 67).

Цвет стально-серый. Блеск сильный металлический. Сп. весьма совершенная по (0001). Листочки гибкие. Тв. 1. Пишет на бумаге, оставляя голубоватую черту (отличие от графита). Уд. в. 4,7.

В открытой трубке при нагревании выделяет  $\text{SO}_2$  и образует желтоватый кристаллический налет  $\text{MoO}_3$ . Неплавок. Окрашивает пламя в желтовато-зеленый цвет. На угле при прокаливании тонкого порошка молибденита получается тонкий налет  $\text{MoO}_3$ , который при мгновенной обработке восстановительным конусом пл. п. тр. становится бархатно-голубым, а при более медленном — медно-красным. Перл фосфорной соли в восстановительном конусе окрашивается в голубой цвет.

*Происхождение.* Пневматолитический — в кварцевых жилах глубоких зон и грейзенах; гидротермальный — в жилах с сульфидами и контактовых рудных зонах (скарнах); вкрапленность в гранитах и гранодиоритах, реже в щелочных породах.

*Спутники.* Вольфрамит  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ , касситерит  $\text{SnO}_2$ , висмутин  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ , пирротин  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , арсенопирит  $\text{FeAsS}$ , пирит  $\text{FeS}_2$ , золото. Продукты окисления: молибденовая охра (ферримолибдит)  $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , повеллит  $\text{CaMoO}_4$ , вульфенит  $\text{PbMoO}_4$ .

*Месторождения.* В СССР: Забайкалье — кварцевые жилы; Кавказ — скарны с шеелитом. За границей: Клеймакс в Колорадо (США) — вторичные кварциты, крупнейшее; многочисленные месторождения Норвегии.

*Значение.* Важнейшая молибденовая руда.

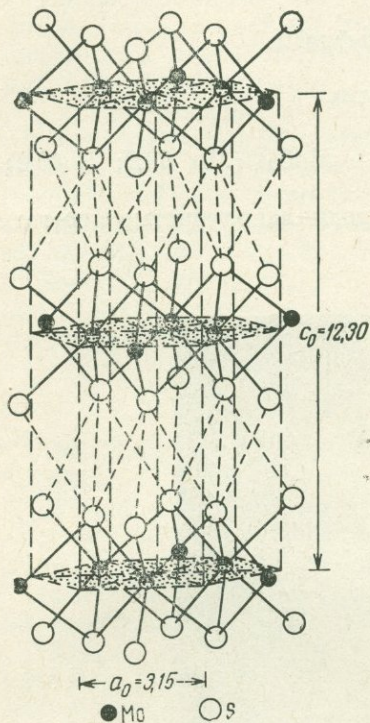


Рис. 67. Структура молибденита

Блеск полуметаллический. Сп. совершенная по кубу. Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,95—4,04.

П. п. тр. легко плавится. С бурой после предварительного прокаливания дает реакцию на Mn.

*Происхождение.* Гидротермальный — встречается в рудных жилах вместе со сфалеритом и родохрозитом. Редок.

*Месторождения.* В СССР неизвестны. За границей: Нагиаг в Румынии; Лекки-Кёсс — Томбстон, Аризона.

#### Ряд железа — кобальта — никеля — платины

К этому ряду относятся наиболее распространенные в природе сернистые соединения железа: пирротин и пирит и многочисленные, хотя и редкие, соединения кобальта и никеля. Характерно нахождение здесь наиболее твердых сернистых и мышьяковистых соединений с твердостью до 6 и 7 (пирит, марказит, арсенопирит, сперрилит), наличие в структуре некоторых минералов sdвоенных, сильно сближен-

#### МИНЕРАЛЫ ВОЛЬФРАМА

**59. Тунгстени́т**  $\text{WS}_2$ . Землистый или листоватый.

Цвет и черта свинцово-серые. Тв. 2,5. Уд. в. 7,4. После предварительного прокаливания с фосфорной солью в восстановительном конусе дает голубой перл.

*Происхождение.* Метасоматический — в известняке вместе с пиритом, сфалеритом, галенитом, тетраэдритом, вольфрамитом. Минерал очень редкий.

*Месторождения.* За границей: рудник Эмма в штате Юта.

#### Ряд марганца

**60. Алаба́ндин**  $\text{MnS}$  (Mn 63,1; S 36,9).

Куб. с.; вид симм.  $3L^4L^36L^29PC$ . Сплошной, зернистый.

Цвет железно-черный. Черта зеленая.

Блеск полуметаллический. Сп. совершенная по кубу. Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,95—4,04.

П. п. тр. легко плавится. С бурой после предварительного прокаливания дает реакцию на Mn.

*Происхождение.* Гидротермальный — встречается в рудных жилах вместе со сфалеритом и родохрозитом. Редок.

*Месторождения.* В СССР неизвестны. За границей: Нагиаг в Румынии; Лекки-Кёсс — Томбстон, Аризона.

ных, ионов  $(S-S)^{2-}$ ,  $(S-As)^{2-}$ ,  $(As-As)^{2-}$  и случаи так называемых дефектных или дефицитных структур<sup>1</sup>.

**61. Пирротин** (магнитный колчедан)  $Fe_{1-x}S$ , (для FeS: Fe 63,6; S 36,4). Обычно сера находится в избытке против FeS до 7%. Часто содержит Ni, Co.

Текс. с.; вид симм.  $L^6L^27PC$ . Кристаллы редки (рис. 68), обычно сплошные зернистые массы и вкрапленники.

Структура дефектная, представлена плотнейшей гексагональной упаковкой атомов серы, характерной для FeS, где, однако, не все октаэдрические пустоты заняты железом.

Цвет бронзово-желтый. Блеск металлический. Сп. неясная. Тв. 4. Уд. в. 4,5—4,6. Магнитен в разной степени. Хороший проводник электричества.

П. п. тр. сплавляется в черную магнитную массу. В HCl растворяется с выделением  $H_2S$ .

*Происхождение.* Гидротермальный — в жилах с сульфидами цинка, свинца и др. Контактво-метаморфический — в скарнах. Магматический — выделяется позже силикатов. Редко гипергенный.

*Спутники.* Сфалерит ZnS, галенит PbS, арсенопирит FeAsS (пирротин выделяется часто позже этих минералов), иногда халькопирит  $CuFeS_2$ , вольфрамит  $(Fe, Mn)WO_4$ , молибденит  $MoS_2$ . В магматиче-

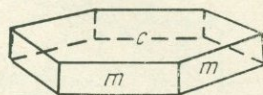


Рис. 68. Пирротин:  
 $c(0001)$ ,  $m(10\bar{1}0)$

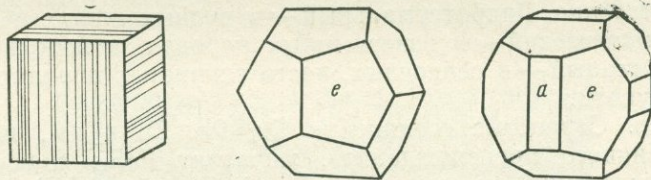


Рис. 69. Пирит:  $a(100)$ ,  $e(210)$

ских месторождениях: пентландит  $(Fe, Ni)_9S_8$  и халькопирит  $CuFeS_2$ ; в контактово-метасоматических — иногда касситерит  $SnO_2$ ; шеелит  $CaWO_4$ , аксинит  $Ca_2(Fe, Mn)Al_2BSi_4O_{15}(OH)$ .

*Месторождения.* В СССР: жилы и вкрапленность в основных и ультраосновных породах; в Забайкалье — гипотермальные и мезотермальные жилы с вольфрамитом, халькопиритом, сфалеритом и другими сульфидами; Такфон Парз и др. в Средней Азии — контактовые, в скарнах.

*Значение.* Используется в случае содержания ценных примесей.

**62. Пирит** (серный колчедан)  $FeS_2$  (Fe 46,6; S 53,4). Примеси: Cu и Au, иногда Ni, Co, Te, Se.

Куб. с.; вид симм.  $3L^24L^3PC$ . Кристаллы в виде кубов, пентагондодекаэдров и др. (рис. 69). Грани куба часто исштрихованы. Обычно сплошные зернистые массы.

<sup>1</sup> Дефектными называются структуры, в которых эквивалентные места заняты не полностью. В этом случае, очевидно, необходимо для сохранения электростатического равновесия, чтобы те ионы, которые находятся в меньшем против нормы количестве, были разной валентности и, таким образом, могли компенсировать общий заряд противоположно заряженных ионов.

Кристаллохимическая структура пирита аналогична структуре NaCl (рис. 70). В ней местам Na отвечает положение Fe, а местам Cl — сдвоенные атомы серы (S—S).

Цвет соломенно-желтый. Черта черная. Блеск металлический. Сп. нет. Тв. 6,5. Электричество проводит слабо.

П. п. тр. горит голубым пламенем, распространяя запах сернистого газа. Остаток реагирует как пирротин.

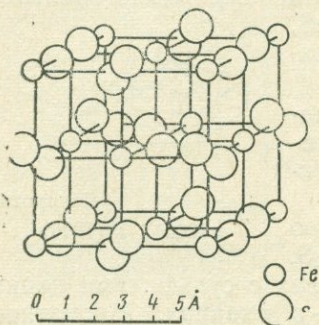


Рис. 70. Структура пирита

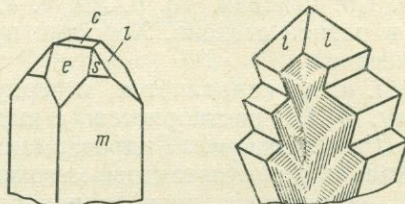


Рис. 71. Марказит:  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  $e(101)$ ,  $l(011)$ ,  $s(111)$

**Происхождение.** Гидротермальный — в рудных жилах и контактах; отчасти магматический — в изверженных породах, в небольшом количестве; гипергенный — в осадочных, часто глинистых породах и в связи с каменным углем.

**Спутники.** Сернистые соединения Cu, Pb, Zn и др., золото (для пирита глубинного происхождения), марказит  $\text{FeS}_2$ , сидерит  $\text{FeCO}_3$ . Продукты окисления: лимонит  $\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , гётит  $\text{HFeO}_2$ , гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , мелантерит  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , галотрихит  $\text{FeAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ , ярозит  $\text{KFe}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$ .

**Месторождения.** В СССР: Дегтярское, Калатинское и другие колчеданные на Урале. За границей: Рио-Тинто в Испании — в сланцах в связи с излияниями порфиоров (содержит Cu).

**Значение.** Сырье для получения серной кислоты. Руда меди и золота.

### 63. Марказит $\text{FeS}_2$ (Fe 46,6; S 53,4).

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Встречается в виде желваков, корочек, гребенчатых и копьевидных сростков (рис. 71); иногда образует лучисто-шестоватые агрегаты и плотные массы.

Структура сходна со структурой пирита.

Цвет светлый, бронзово-желтый. Блеск металлический. Сп. нет. Тв. 6. Уд. в. 4,9. Электричество проводит слабо.

П. п. тр. ведет себя как пирит.

**Происхождение.** Гипергенный — в углистых глинах и угольных пластах; реже гидротермальный — в жилах малой и средней глубин (эпитермальных и мезотермальных). Выделяется из кислых растворов, а при обыкновенной температуре — из почти нейтральных растворов.

**Спутники.** Пирит  $\text{FeS}_2$ , кварц, иногда галенит  $\text{PbS}$ , сфалерит  $\text{ZnS}$ . Продукты выветривания: гидраты окиси железа, сульфаты железа и др. (см. пирит).

*Месторождения.* В СССР: Подмосковский каменноугольный бассейн (Тульская область); каменноугольные на Урале. За границей: в ГДР — в виде копьевидного колчедана.

*Значение.* Сырьё для получения серной кислоты.

**64. Лёллингит**  $\text{FeAs}_2$  (Fe 27,2; As 72,8). Обычно содержит S (до 6%) и Sb (до 5%). Кроме того, иногда присутствует Co (до 6%) и Ni (десятые доли процента).

Ромб. с.; вид. симм.  $3L^2PC$ . Обычно сплошной и в виде вкрапленников.

Структура аналогична структуре марказита.

Цвет серебристо-белый. По цвету трудно отличим от арсенопирита (последний чаще образует кристаллы). Сп. ясная. Тв. 5,5. Уд. в. 7,1—7,4. Хороший проводник электричества.

П. п. тр. ведет себя подобно арсенопириту.

*Происхождение.* Гидротермальный — в мезотермальных жилах и контактово-метасоматических месторождениях. Более редок, чем арсенопирит. Встречается в небольшом количестве.

*Спутники.* Кальцит  $\text{CaCO}_3$ , сидерит  $\text{FeCO}_3$ , различные сульфиды, минералы золота и серебра. При выветривании образуется скородит  $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

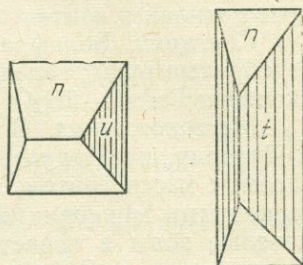


Рис. 72. Арсенопирит:  
 $n(101)$ ,  $u(120)$ ,  $t(230)$

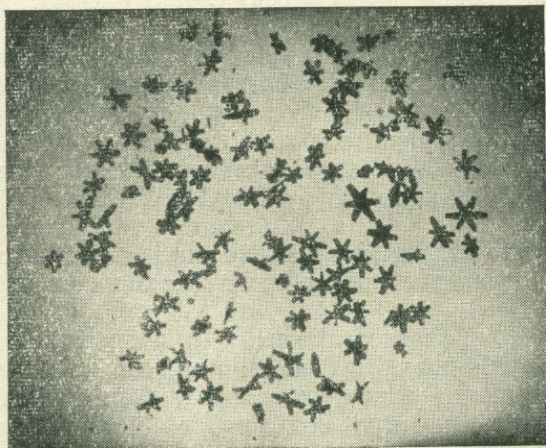


Рис. 73. Звездчатые сростки арсенопирита под микроскопом

*Месторождения.* В СССР: Ак-Джилга в Алайском хребте. За границей: Лёллинг в Каринтии.

**65. Арсенопирит** (мышьяковый колчедан, миспикель)  $\text{FeAsS}$  (Fe 34,3; As 46,0; S 19,7). Нередко содержит Co (до 10%), Ni (до 5%), Bi, Sb, Ag, Au — иногда до нескольких килограммов на тонну.

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Кристаллы (рис. 72), звездчатые сростки (рис. 73) и сплошные зернистые массы.

Структура похожа на структуру пирита.

Цвет оловянно-белый. Блеск металлический. Сп. довольно ясная в одном направлении. Тв. 5,5—6. Уд. в. 5,9—6,2. При выбивании искр молотком издает чесночный запах. Проводит электричество.

П. п. тр. на угле дает налет  $As_2O_3$ , а при нагревании в закрытой трубке — красный возгон  $AsS$  и темное зеркало мышьяка.

*Происхождение.* Гидротермальный — часто в гипотермальных кварцевых жилах и контактово-метасоматический.

*Спутники.* Вольфрамит  $(Fe, Mn)WO_4$ ; касситерит  $SnO_2$ ; медные и серебряные руды; галенит  $PbS$ , сфалерит  $ZnS$ . Продукты выветривания: скородит  $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$ .

*Месторождения.* В СССР: Ценское в Сванетии и Сонгутидонское в Дигории, на Кавказе — кварцевые жилы с очень богатым парагенезисом: с касситеритом, вольфрамитом, молибденитом и разнообразными сернистыми минералами; Бричмуллинское в Южном Казахстане — оруденелые зоны в известняках с хорошо выраженной зоной окисления; Дарасунское в Забайкалье — золоторудное с пиритом, кварцем, сфалеритом, халькопиритом, джемсонитом, бурнонитом; арсенопирит часто в виде хорошо образованных кристаллов. За границей: Бинненталь в Швейцарии — известно хорошо образованными кристаллами арсенопирита.

*Значение.* Основная мышьяковая руда.

#### МИНЕРАЛЫ КОБАЛЬТА

**66. Кобальтин** (кобальтовый блеск)  $CoAsS$  (Co 35,5; As 45,2; S 19,3). Примеси: Fe до 16%, Ni и Sb.

Куб. с.; вид симм.  $3L^24L^3$ . По форме кристаллов с гранями пентагондодекаэдра напоминает пирит (см. рис. 69); часто сплошные зернистые массы.

Структура очень похожа на структуру пирита.

Цвет серебристо-белый, слегка красноватый (коричневатый). Блеск металлический. Сп. средняя по кубу. Тв. 5,5. Уд. в. 6,3. Слабый проводник электричества.

П. п. тр. на угле издает запах мышьяка и сплавляется в магнитный шарик. После предварительного обжига окрашивает перл буры в синий цвет.

*Происхождение.* Гидротермальный — в рудных жилах и скарнах.

*Спутники.* Серебряные, медные, никелевые минералы. Из нерудных — роговая обманка, андрадит, хлорит, барит, кальцит и другие карбонаты. Продукты выветривания: кобальтовые цветы  $Co_3[AsO_4]_2 \times 8H_2O$ , розового цвета.

*Месторождения.* В СССР: Дашкесан в Закавказье — контактовое с магнетитом; Покровское на Урале — также контактовое.

*Значение.* Одна из важнейших руд кобальта.

**67. Шмальтин** (шпейсовый кобальт)  $CoAs_{3-2}$ , чаще  $CoAs_2$  (Co 28,2; As 71,8). Содержит до 9% Ni.

Куб. с.; вид симм.  $3L^24L^3PC$ . Кристаллы обычно представляют собой комбинации куба с октаэдром или ромбододекаэдром; чаще встречается в сплошных массах, имеющих зернистое плотное сложение.

Кристаллическая структура своеобразная и сложная, допускающая возможность переменного содержания атомов As.

Цвет оловянно-белый. Блеск металлический. Сп. несовершенная. Тв. 5,5—6. Уд. в. 6,5. Проводит электричество. В закрытой трубке при нагревании дает возгон металлического мышьяка, а в открытой — возгон  $As_2O_3$ . П. п. тр. издает чесночный запах. С бурой дает реакцию на Со, окрашивая перл, после предварительного обжига, в синий цвет.

*Происхождение и спутники.* См. кобальтин.

*Значение.* Руда кобальта.

#### МИНЕРАЛЫ НИКЕЛЯ

**68. Герсдорфит** (никелевый блеск)  $NiAsS$  (Ni 35,1; As 45,5; S 19,4). Часто содержит Fe и Со.

Куб. с.; вид симм.  $3L^24L^3$ . Кристаллы редки, обычно октаэдрического и кубического вида, чаще сплошной и зернистый.

Структура похожа на структуру пирита.

Цвет серебристо-белый. Блеск металлический. Сп. иногда ясная по (111). Тв. 5,5. Хрупкий. Уд. в. 5,6—6,2. Хороший проводник электричества.

П. п. тр. на угле дает налет  $As_2O_3$ , а в закрытой трубке при нагревании возгон  $As_2S_3$  желтовато-бурого цвета. В  $HNO_3$  отчасти разлагается, окрашивая раствор в зеленый цвет.

*Разновидности.* Коринит, содержит Sb, является переходным к ульманниту  $NiSbS$ .

*Происхождение.* Гидротермальный — иногда в контактах. Минерал редкий.

*Спутники.* Хлоантит  $NiAs_2$ , никелин  $NiAs$ , ульманнит  $NiSbS$ , сидерит  $FeCO_3$ , анкерит  $Ca(Mg, Fe, Mn) [CO_3]_2$ , мышьяковисто-кобальтовые соединения, халькопирит  $CuFeS_2$ , сфалерит  $ZnS$ , галенит  $PbS$ . Продукты выветривания: аннабергит  $Ni_3[AsO_4]_2 \cdot 8H_2O$ .

*Месторождения.* В СССР: Берикульское золоторудное в Казахстане — герсдорфит вместе с хлоантитом. За границей: Сёдбери в Канаде, Мюзен в Вестфалии, Добжын в Чехословакии.

*Значение.* Никелевая руда.

**69. Хлоантит**  $NiAs_{2-3}$  (для  $NiAs_2$ ; Ni 28,12; As 71,88). Обычна примесь Fe и Со.

Куб. с.; вид симм.  $3L_4^24L^3PC$ . Кристаллы редки; встречается в сплошных массах зернистого и шестоватого сложения.

Структура аналогична структуре шмальтина.

Цвет оловянно-белый. Блеск металлический. Сп. неясная. Тв. 5,5. Хрупкий. Уд. в. 6,4—6,8. Проводит электричество.

П. п. тр. на угле легко плавится, распространяя чесночный запах и образуя налет  $As_2O_3$ . После прокаливания дает реакцию на никель с перлом буры. В  $HNO_3$  разлагается с образованием зеленого раствора.

*Разновидности.* Чатамит, содержит до 12% Fe и 5% S.

*Происхождение.* Гидротермальный — в жилах, аналогично кобальтину и шмальтину.

*Спутники.* Никелин  $NiAs$ , герсдорфит  $NiAsS$ , арсенопирит  $FeAsS$ . Характерен продукт выветривания в виде аннабергита (никелевые цветы)  $Ni_3[AsO_4]_2 \cdot 8H_2O$ .

*Месторождения.* В СССР: Берикольское золоторудное в Казахстане — в жилах с арсенопиритом. За границей: Шнееберг в Саксонии (ГДР) — рудные жилы с самородным серебром и другими минералами серебра.

*Значение.* Никелевая руда.

**70. Никелин** (купферникель, красный никелевый колчедан)  $\text{NiAs}$  (Ni 43,9; As 56,1). Содержит небольшое количество Fe, Co, S; иногда часть As замещается Sb (арит — до 6% сурьмы).

Гекс. с. Кристаллы очень редки; обычно сплошные зернистые массы.

Структура характеризуется плотнейшей гексагональной упаковкой атомов Ni и As (рис. 74).

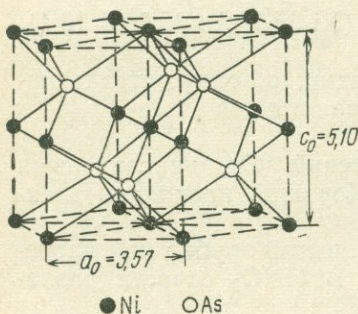


Рис. 74. Структура никелина

Цвет бледный медно-красный. Блеск металлический. Сп. несовершенная. Тв. 5—5,5. Уд. в. 7,3—7,7. Хороший проводник электричества.

П. п. тр. на угле дает налет мышьяка и сплавляется в белый хрупкий металлический королек. Разлагается в царской водке, причем раствор окрашивается в темно-зеленый цвет.

*Происхождение.* Гидротермальный — в рудных жилах с минералами Co и Ag и магматический — в связи с основными породами.

*Спутники.* Хлоантит  $\text{NiAs}_2$ , шмальтин  $\text{CoAs}_{3-2}$ , висмут, висмутовый блеск  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ , самородное серебро, прустит  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ , барит  $\text{BaSO}_4$  и др. Продукты окисления: аннабергит  $\text{Ni}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .

*Месторождения.* В СССР: Берикольское золоторудное в Казахстане — карбонатные прожилки, секущие золоторудные жилы, с хлоантитом  $\text{NiAs}_2$  (куб. с.), раммельсбергитом  $\text{NiAs}_2$  (ромб. с.) и герсдорфитом  $\text{NiAsS}$ . За границей: Шнееберг в Саксонии (ГДР).

**71. Миллерит** (волосистый колчедан)  $\text{NiS}$  (Ni 64,7; S 35,3). В большом количестве содержит Cu и Co.

Триг. с.; вид симм.  $L^3\bar{3}P$ . Кристаллы игольчатые и волосовидные, часто образуют радиальные группы.

Структура сложная, на структуру пирротина и пентландита не похожа.

Цвет соломенно-желтый. Черта зеленовато-черная. Блеск металлический. Сп. совершенная по  $(10\bar{1}1)$  и  $(01\bar{1}2)$ . Уд. в. 5,2—5,6. Тв. 3—3,5. Волосовидные кристаллы обнаруживают некоторую гибкость. Хороший проводник электричества.

П. п. тр. на угле легко плавится. После прокаливания дает королек никеля. В  $\text{HNO}_3$  разлагается, окрашивая жидкость в густой зеленый цвет.

*Происхождение.* Гидротермальный — в рудных кварцевых жилах и магматический — в месторождениях ликвационного типа (Сёдбери и др.). Редок.

*Спутники.* Пирротин  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , анкерит  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})[\text{CO}_3]_2$ , кальцит  $\text{CaCO}_3$ , доломит  $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ , флюорит  $\text{CaF}_2$ .

*Месторождения.* В СССР: Березовское золоторудное — карбонатные прожилки среди лиственитов (миллерит очень редок); на Урале

и Кавказе в связи с серпентинитами. За границей: Сан-Луи в штате Миссури, США; Кобальт в Онтарио, Канада — с серебряными и кобальтовыми рудами.

**72. Пентландит**  $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$ . Отношение Fe к Ni обычно равно 1:1. Почти постоянно присутствует Co в количестве до 1,5% и больше.

Куб. с. В хорошо образованных кристаллах неизвестен. Сплошной, зернистый.

Структура сложная, отличается высокой симметричностью.

Цвет светло-бронзово-желтый. Черта бледно-бронзово-черная. Блеск металлический. Сп. совершенная по октаэдру. Тв. 3,5—4. Уд. в. 5,0. Немагнитен, в отличие от пирротина. Хороший проводник электричества.

П. п. тр. ведет себя аналогично пирротину. В азотнокислом растворе дает реакцию на никель; в присутствии диметилгликсима раствор окрашивается в розовый цвет и выделяется розовый осадок.

*Происхождение.* Магматический — в связи с основными и ультраосновными породами.

*Спутники:* Пирротин  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , халькопирит, платина, сперрилит  $\text{PtAs}_2$ . *Месторождения.* В СССР: на Кольском полуострове, в Норильске. За границей: Сёдбери в Канаде.

*Значение.* Важная никелевая руда.

#### МИНЕРАЛЫ ПЛАТИНЫ

**73. Сперрилит**  $\text{PtAs}_2$ . Платина в небольшом количестве замещается родием.

Куб. с.; вид симм.  $3L^24L^33PC$ . Кристаллы в виде кубов и кубоктаэдров.

Цвет оловянно-белый. Черта темно-серая. Блеск металлический. Сп. несовершенная. Тв. 6—7. Уд. в. 10,6. Слабо проводит электричество.

П. п. тр. несколько растрескивается. При нагревании в закрытой трубке не изменяется; в открытой трубке выделяет  $\text{As}_2\text{O}_3$ . Если положить кусочек сперрилита на раскаленную докрасна платиновую пластинку, он мгновенно расплавляется с выделением  $\text{As}_2\text{O}_3$  и образованием небольшого пористого нароста. Царская водка на сперрилит не действует.

*Происхождение.* Магматический. Встречается вместе с пентландитом в основных породах. Также в россыпях с платиной. Минерал редкий.

*Спутники.* Пентландит  $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$ , пирротин  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , халькопирит  $\text{CuFeS}_2$ , платина.

*Месторождения.* За границей: Сёдбери в Канаде — с пентландитом, пирротинном, халькопиритом.

#### ОКСИСУЛЬФИДЫ

**74. Вольтцит**  $\text{Zn}_5\text{S}_4\text{O}$  (Zn 69,3; S 27,3; O 3,41).

Сингония неизвестна. Встречается в виде мелких почковидных агрегатов скорлуповатого сложения.

Цвет кирпично-красный до бурого, иногда зеленоватый. Блеск жирный. Излом раковистый. Тв. 4,5. Уд. в. 3,66.

П. п. тр. плавится с трудом, на угле дает налет окиси цинка. В HCl разлагается с выделением  $\text{H}_2\text{S}$ .

*Происхождение.* Гипергенный, образует корочки на сфалерите и галените. Редок.

**75. Кермезит** (красная сурьмяная руда)  $Sb_2S_2O$  (Sb 74,96; S 20,04; O 5,0).

Мон. с. Радиальнолучистые пучки, образованные тонкими игольчатыми кристаллами, также корочки и налеты.

Цвет вишнево-красный, яркий. Черта буровато-красная. Блеск сильный, алмазный. Сп. совершенная по (100). Тв. 1—1,5. Уд. в. 4,5—4,6. Непроводник электричества.

В случае налетов и корочек внешне напоминает киноварь.

П. п. тр. на угле легко плавится и дает налет  $Sb_2O_3$ .

*Происхождение.* Продукт выветривания (окисления) сурьмяного блеска.

*Спутники.* Антимонит  $Sb_2S_3$  и продукты его изменения — валентинит  $Sb_2O_3$ , сенармонтит  $Sb_2O_3$  и др.

*Месторождения.* Встречается во многих месторождениях сурьмяного блеска, но всегда в небольшом количестве.

## ОКИСЛЫ

Окислы в составе земной коры играют значительно большую роль, чем предыдущие соединения; на их долю приходится около 17% веса земной коры. Многие окислы принадлежат к числу очень распространенных минералов, например, кварц (около 13% массы земной коры) и окислы железа (3—4%). Число минералов окислов около 200.

Химические элементы, входящие в состав окислов, можно назвать литофильными, поскольку они в основном слагают горные породы. От халькофильных элементов предыдущего раздела они отличаются повышенным сродством не к сере, а к кислороду. Поэтому здесь мы находим элементы, которые в составе сульфидов или неизвестны (алюминий, кремний, титан, торий, уран, тантал, ниобий), или встречаются редко и в малом количестве (олово, марганец). Характерно присутствие гидроксильной и, реже, молекулярной воды, чего в сульфидах не наблюдалось.

Как и среди сернистых соединений, широко распространено явление изоморфного замещения, нередко гетеровалентного типа. Наиболее резко оно выражено в тантало-ниобиевых и титановых окислах, а также в безводных окислах железа. Изоморфизм наблюдается между  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , Al, Cr, Nb и Ta.

Различают простые и сложные окислы. К последним относятся комплексные окислы, такие, как  $RO \cdot R_2O_3$  или  $R \cdot R_2 \cdot O_4$ ,  $RO \cdot RO_2$  или  $R \cdot R \cdot O_3$  и  $RO \cdot R_2O_5$  или  $R \cdot R_2^V O_6$ .

Окислы часто встречаются в виде хорошо образованных кристаллов, особенно кварц. Другими распространенными формами выделений окислов являются сплошные зернистые массы и рыхлые землистые или порошковатые агрегаты, иногда скрытокристаллические, вплоть до коллоидных.

Кристаллические структуры характеризуются тем, что кислород и гидроксилы обычно располагаются по вершинам тетраэдров или октаэдров, а катионы находятся в шестерном или четверном окру-

жении кислорода. При этом на долю каждого катиона приходится число ионов кислорода  $< 1$ , кроме кварца, где это число  $\frac{W}{n} = 1$  ( $W$  — валентность,  $n$  — координационное число).

Тип связи в большинстве ионный. По группировке атомов различаются структуры координационные, островные, цепочечные, листовые или слоистые, каркасные. С особенностями структур связаны разнообразные свойства окислов, такие, например, как твердость, спайность, показатель преломления, блеск и др.

Минералов с металлическим блеском среди окислов мало, твердость обычно больше 5,5. Удельный вес обычно соответствует химическому составу. Окислы олова, ниобия, тантала и урана отличаются особенно большим удельным весом. Окислы, содержащие U и Th, радиоактивны.

Окислы образуются при магматическом, пегматитовом и гидротермальном процессах, при региональном и контактовом метаморфизме, при окислении сульфидов и выветривании горных пород. В условиях выветривания многие из них устойчивы, благодаря чему накапливаются в россыпях.

Многие окислы являются важнейшими рудами железа, хрома, марганца, алюминия, титана, олова, тантала, ниобия, урана, редких земель.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ОКИСЛОВ

### ПРОСТЫЕ ОКИСЛЫ

#### *Ряд водорода*

Вода  $H_2O$   
Лед  $H_2O$

#### *Ряд меди*

Куприт  $CuO$   
Тенорит  $CuO$

#### *Ряд бериллия — магния — цинка*

Бромеллит  $BeO$   
Периклаз  $MgO$   
Брусит  $Mg(OH)_2$   
Цинкит  $ZnO$

#### *Ряд бора — алюминия*

Сассолин  $B(OH)_3$   
Корунд  $Al_2O_3$   
Диаспор  $AlO_2$   
Бёмит  $AlOON$   
Гидраргиллит  $Al(OH)_3$   
[Боксит] — полиминеральная смесь

#### *Ряд титана — циркония — тория*

Рутил  $TiO_2$   
Анагаз  $TiO_2$   
Брукит  $TiO_2$   
Бадделеит  $ZrO_2$   
Торианит  $(Th, U)O_2$

#### *Ряд углерода — олова — кремния*

Углекислый газ  $CO_2$   
 $\beta$ -кварц  $SiO_2$   
Опал  $SiO_2 \cdot nH_2O$   
Касситерит  $SnO_2$   
Массикот  $PbO$   
Платтнерит  $PbO_2$

*Ряд ванадия*

Алаит  $V_2O_5 \cdot H_2O$

*Ряд мышьяка — сурьмы — висмута*

Арсенолит  $As_2O_3$

Сенармонтит  $Sb_2O_3$

Валентинит  $Sb_2O_3$

Сервантит  $Sb_2O_4$

Стибиконит  $Sb_2O_4 \cdot H_2O$

Бисмит (висмутовая охра)  $Bi_2O_3$

*Ряд серы*

Сернистый газ  $SO_2$

Серная кислота  $H_2SO_4$

*Ряд марганца*

Браунит  $Mn \cdot Mn \cdots O_3$

Пиролюзит  $MnO_2$

Манганит  $Mn \cdot Mn \cdots O_2(OH)_2$

Псиломелан  $mMnO \cdot nMnO_2 \cdot pH_2O$

*Ряд молибдена — вольфрама — урана*

Молибдит  $MoO_3$

Тунгстит  $H_2WO_4$

Уранинит  $UO_2$

Беккерилит  $2UO_3 \cdot 3H_2O$

Скупит (шепит)  $2UO_3 \cdot 4\frac{1}{2}H_2O$

Янтинит  $2UO_2 \cdot 7H_2O$

Кюриит  $2PbO \cdot 5UO_3 \cdot 4H_2O$

*Ряд железа*

Гематит  $Fe_2O_3$

Гётит  $HFeO_2$

Лепидокрокит  $FeOOH$

Гидрогётит (лимонит)  $HFeO_2 \cdot nH_2O$

## СЛОЖНЫЕ ОКИСЛЫ

Окислы типа  $R \cdot R_2 \cdots O_4$

*Группа хризоберилла*

Хризоберилл  $BeAl_2O_4$

*Группа шпинели*

Шпинель обыкновенная  $MgAl_2O_4$

Ганит  $ZnAl_2O_4$

Герцинит  $FeAl_2O_4$

Франклинит  $(Fe, Zn, Mn)(Fe, Mn)_2O_4$

Магнетит  $Fe \cdot Fe_2 \cdots O_4$

Хромит  $Fe \cdot Cr_2O_4$

*Группа гаусманита*

Гаусманит  $Mn \cdot Mn_2^{IV}O_4$

Окислы типа  $R \cdot R^{IV}O_3$

Перовскит  $CaTiO_3$

Ильменит  $FeTiO_3$

Лопарит  $(Ce, Na, Ca)(Ti, Nb)O_3$

Окислы типа  $R \cdot R_2^V O_6$  и др.  
(тантало-ниобиевые соединения)

*Группа колумбита — моссита*

Колумбит  $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$

Танталит  $(Fe, Mn)(Ta, Nb)_2O_6$

Моссит  $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$

Тапиолит  $(Fe, Mn)(Ta, Nb)_2O_6$

*Группа пироклора — бетафита*

Пироклор  $(Ca, Na)_2 (Nb, Ti)_2 O_6$  (F, OH, O)  
Микролит  $(Ca, Na)_2 (Ta, Ti)_2 O_6$  (O, OH, F)  
Бетафит  $(U, Ca) (Nb, Ta, Ti)_2 (O, OH)_7$

*Группа эвксенита — приорита*

Эвксенит  $(Y, Ce, Ca) (Nb, Ta, Ti)_2 O_6$   
Поликраз  $(Y, Ce, Ca) (Ti, Nb, Ta)_2 O_6$   
Эшинит  $(Ce, Ca, Th) (Ti, Nb)_2 O_6$   
Приорит  $(Y, Er, Ca, Th) (Ti, Nb)_2 O_6$

*Группа фергюсокиита*

Фергюсонит  $(Y, Er, Ce, U, Fe) (Nb, Ta, Ti) O_4$   
Иттротанталит  $(Y, Ce, Fe, U, Ca) (Nb, Ta, Zr, Sn) O_4$   
Стибиоколумбит  $Sb(Nb, Ta) O_4$   
Стибиотанталит  $Sb(Ta, Nb) O_4$   
Бисмутотанталит  $Bi(Ta, Nb) O_4$

*Группа самарскита — торолита*

Самарскит  $(Y, Er, Ce, U, Ca, Th)_4 [(Nb, Ta, Ti, Sn)_2 O_7]_3$   
Торолит  $SnTa_2 O_7$

**ПРОСТЫЕ ОКИСЛЫ**

**Ряд водорода**

**76. Вода  $H_2O$ .**

В. И. Вернадский различает воды сульфатные, углекислые, галоидные и т. п., а по характеру оснований — щелочные, известковые, железистые и т. д. Химический состав воды в значительной степени связан с породами, в которые она проникает. Различается вода морей, озер, минеральных источников.

Уд. в. 1. При переходе воды в твердое состояние увеличивается объем, уменьшаются удельный вес и показатель преломления. Замечательны высокая теплоемкость и высокая растворяющая способность воды по отношению ко многим веществам. Этим обуславливается большое значение воды как геологического и геохимического фактора при переносе в растворенном виде и переотложении различных веществ.

Текущая вода имеет огромное значение в процессах механического разрушения пород и минералов, переноса и накопления механических осадков. При участии воды идут химические процессы замещения и кристаллизации.

В составе минералов вода участвует как растворенная — цеолитная и как химически связанная — структурная и кристаллизационная. Вода необходима для органической жизни. По отношению к весу земной коры свободная вода составляет 6,91%. Связанная вода и поглощенная в минералах и породах, по подсчетам В. И. Вернадского, соизмерима с этим количеством.

**77. Лед  $H_2O$ .**

Гекс. с.; вид симм.  $L^6P$ . Кристаллы в виде гексагональных призм; кроме того, лед образует зернистые и плотные массы, натёки, корки, градины, снежинки и т. п. Сп. нет. Тв. 1—1,5. Уд. в. 0,9181. Показатель

преломления 1,309. Переход из твердого состояния в жидкое происходит при  $t=0$  при нормальном атмосферном давлении. Эта температура понижается с повышением давления. При этом лед становится пластичным. Превращение воды в лед сопровождается значительным выделением тепла (80 кал на 1 г воды).

Различаются следующие разновидности льда: лед фирновый, ледниковый, речной, морской, снег, град, иней, изморозь и др.

### Ряд меди

78. Куприт (красная медная руда)  $\text{Cu}_2\text{O}$  (Cu 88,8; O 11,2).

Куб. с.; вид симм.  $3L^4L^36L^2$ . Кристаллы часто в виде октаэдров, также сплошные зернистые массы, налеты и охристые образования.

Атомы кислорода образуют центрированный куб, атомы меди располагаются в центрах малых кубов (рис 75).

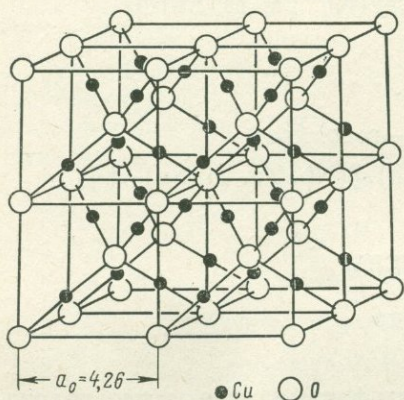


Рис. 75. Структура куприта

Цвет красный, особенно в порошке. Блеск алмазный или полуметаллический. Сп. средняя по (111). Тв. 3,5—4. Уд. в. 6.

П. п. тр. восстанавливается до металлической меди. Перл буры в окислительном конусе окрашивается в зеленый цвет, а в восстановительном становится непрозрачным, бурым.

Растворяется в  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$  и аммиаке. Растворы в случае избытка аммиака принимают синюю окраску.

*Разновидности.* Халькотрихит (медные цветы) — волосовидная редко встречающаяся разновидность куприта, представленная тонкими нежными

кристалликами. Кирпичная руда — землистая разновидность с большим количеством водной окиси железа.

*Происхождение.* Поверхностный — в зоне окисления медных месторождений; представляет собой продукт окисления самородной меди, халькопирита и др. Минерал широко распространенный, но встречается в небольшом количестве.

*Спутники.* Самородная медь, малахит  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$ , азурит  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_2$ , сернистые соединения меди, тенорит  $\text{CuO}$ , хризоколла  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

*Месторождения.* В СССР: Гумешевский и Меднорудянский рудники на Урале. За границей: Шесси близ Лиона во Франции.

79. Тенорит (черная медная руда)  $\text{CuO}$  (Cu 79,8, O 20,2).

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Мелкие кристаллики в виде чешуек; обычно землистые и порошокватые образования с примесью окислов железа (мелаконит).

Цвет черный. Блеск металлический. Тв. 3—4. Уд. в. около 6.

*Разновидности.* Смоляная медная руда — плотная аморфная; бурого и зеленовато-бурого цвета, со смоляным блеском и раковистым изломом; содержит большое количество примесей в виде глины, кремнезема, окислов железа и др.

*Происхождение.* Поверхностный и как возгон при вулканической деятельности. Минерал значительно более редкий, чем куприт.

*Месторождения.* В СССР: встречается в небольшом количестве на Урале. За границей: в районе Верхнего озера.

### Ряд бериллия — магния — цинка

#### 80. Бромеллит $\text{BeO}$ .

Гекс. с. Кристаллы в виде гексагональных призм. Тв. 9. Уд. в. 3,017. Минерал крайне редкий. Встречено несколько кристаллов только в одном месторождении около Лонгбана в Швеции.

#### 81. Периклаз $\text{MgO}$ .

Куб. с. Встречается в виде очень мелких кубоктаэдров. Цвет зеленоватый до темно-зеленого от примеси  $\text{FeO}$ . Сп. совершенная по кубу. Тв. 6. Уд. в. 3,67—3,75.

П. п. тр. не плавится. В порошкообразном состоянии растворяется в кислотах.

*Происхождение.* Контактный в связи с известняками. Редкий.

*Месторождения.* Монте Сомма близ Неаполя в Италии и Лонгбана в Швеции.

#### 82. Брусит $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (Mg 69,0; $\text{H}_2\text{O}$ 31,0).

Триг. с. Кристаллы широкотаблитчатые, обычно образуют сплошные листоватые массы. По внешности напоминает гипс.

Структура слоистая. Слои состоят из атомов Mg в шестерном окружении гидроксидов (рис. 76). Связь внутри слоев ионная, очень прочная. Между слоями связь слабая.

Цвет белый, иногда синеватый или зеленоватый. Прозрачен или просвечивает. Блеск на разломах, по спайности перламутровый.

Сп. весьма совершенная в одном направлении в соответствии со структурой. Листочки по спайности гибкие. Тв. 2,5. Уд. в. 2,38—2,4.

П. п. тр. не плавится. С  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  дает реакцию на Mg (покраснение смоченного кусочка брусита после прокалывания в окислительном конусе). В кислотах растворяется без остатка.

*Разновидности.* Манганобрусит, содержит до 14%  $\text{MgO}$ . Немалит — волокнистая асбестовидная разновидность.

*Происхождение.* Вторичный по магнезиальным силикатам. В свою очередь переходит в гидромагнезит.

*Спутники.* Серпентин  $\text{Mg}_3(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , хлорит, магнезит  $\text{MgCO}_3$ , гидромагнезит  $\text{Mg}_5(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

*Месторождения.* В СССР: Николо-Максимилиановская копь на Южном Урале; Башартский рудник в Башкирской АССР; месторождения немалита по рр. Миряй и Вилюй в Якутской АССР. За границей: рудник Ууд в Техасе, США — крупные массы.

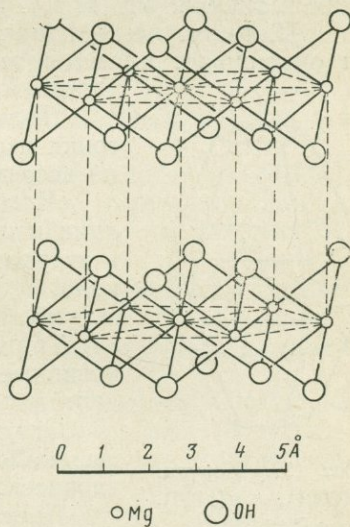


Рис. 76. Структура брусита

**83. Цинкит** (красная цинковая руда)  $ZnO$ . Содержит  $MnO$  в количестве до 12%.

Гекс. с. Встречается в виде сплошных зернистых масс и вкрапленений.

Цвет темно-красный, иногда оранжево-желтый. Черта оранжево-желтая. Блеск сильный, алмазный. Прозрачен или просвечивает в краях. Сп. совершенная. Тв. 4—4,5. Хрупкий. Уд. в. 5,4—5,7.

П. п. тр. не плавится. На угле дает налет  $ZnO$  и ринманнову зелень при прокаливании этого налета в окислительном пламени после смачивания  $Co(NO_3)_2$ .

*Происхождение.* Контактный — в своеобразных месторождениях штата Нью-Джерси в США — Спарте, Франклин и Стерлинге, где цинкит встречается в промышленных количествах. В других месторождениях очень редок.

*Спутники.* Франклинит  $(Fe, Zn, Mn)(Fe^{2+}, Mn)_2O_4$ , виллемит  $Zn_2[SiO_4]$ , кальцит.

### Ряд бора — алюминия

**84. Сассолин** (борная кислота)  $B(OH)_3$  ( $B_2O_3$  56,5;  $H_2O$  43,5). Трикл. с.; вид симм. С. Встречается в тонкочешуйчатых скоплениях и в виде корочек.

Бесцветный или желтоватый. Блеск перламутровый. Тв. 1. Мягкий и гибкий. Уд. в. 1,4. Вкус горьковатый. Жилен на ощупь.

П. п. тр. легко плавится в прозрачное стекло, при этом пенится и окрашивает пламя в зеленый цвет. Хорошо растворяется в воде.

Спиртовой раствор горит зеленым пламенем.

*Происхождение.* Вулканический — продукт возгонки и отложения из горячих источников. Характерна ассоциация с хлористым аммонием.

*Месторождения.* В СССР месторождения сассолина неизвестны. За границей: Тоскана в Италии — в твердом виде и в воде лагун, а также на о. Вулкано.

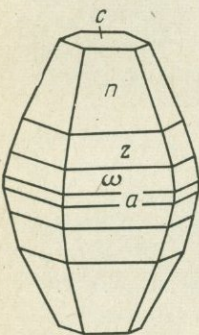


Рис. 77. Корунд:  
 $c(0001)$ ,  $a(11\bar{2}0)$ ,  
 $\omega(14.14.\bar{2}8.3)$ ,  
 $z(2241)$ ,  $n(2243)$

**85. Корунд**  $Al_2O_3$  (Al 52,9; O 47,1).

Триг. с.; вид симм.  $L_6^3ZL^23PC$ . Кристаллы боченовидные (рис. 77), часто с поперечной штриховкой, иногда мелкозернистые сплошные массы.

Структура может быть названа островной; группы  $Al_2O_3$  расположены по углам и в центре ромбоэдрической ячейки.

Цвет синий, красный, серый. Блеск стеклянный. Сп. нет. Наблюдается отдельность, параллельная (0001), со штриховкой в трех направлениях. Тв. 9. Уд. в. 4.

П. п. тр. не изменяется. Не сплавляется с содой. В растворимое состояние переводится сплавлением с кислым серноокислым калием.

*Разновидности.* Драгоценные: рубин — красный, сапфир — синий. Наждак — смесь корунда с магнетитом и гематитом, темный, мелкозернистый в сплошных массах.

*Происхождение.* Контактный, как продукт десилификации магмы, в частности в связи с известняками; в сиенитовых пегматитах; в змеевиках и кристаллических сланцах. Допускается возможность

образования корунда в результате метаморфизации месторождений боксита (А. Ф. Соседко).

*Спутники.* Маргарит  $\text{CaAl}_2(\text{OH})_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$ , хлоритоид  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$ , диаспор  $\text{HAlO}_2$ , слюда, иногда хлорит, пирит, рутил  $\text{TiO}_2$ . Продукты изменения: слюда, диаспор, маргарит.

*Месторождения.* В СССР: Южный Урал — контактовые зоны и своеобразные корундо-полевошпатовые жилы, в последних иногда кристаллы корунда весом до нескольких килограммов; Косой Брод Свердловской области — наждак в хлоритовом сланце; Семиз-Бугу в Казахстане — во вторичных кварцитах с андалузитом. За границей: Канада — корунд в нефелиновых сиенитах; о. Наксос, Греция — наждак, образующий жилы и линзы в мраморах, переслаивающихся с кристаллическими сланцами; Индия — рубин в кристаллических известняках; о. Цейлон — сапфир и рубин в гнейсах.

*Значение.* Абразивный материал.

**86. Диаспор.**  $\text{HAlO}_2$  или  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  85,0;  $\text{H}_2\text{O}$  15,0).

Ромб. с.; вид. симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы пластинчатые; удлиненные, иногда сплошные листоватые массы и скрытокристаллический (в бокситах).

Структура довольно сложная, отрицает нахождение гидроксильных групп. Цвет бурый, фиолетовый, розоватый, иногда бесцветный. Блеск на плоскостях спайности перламутровый. Сп. средняя. Тв. 6,5—7. Хрупкий. Уд. в. 3,3—3,5.

П. п. тр. не плавок, растрескивается. При прокаливании с раствором  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  приобретает синюю окраску. Кислоты не действуют. *Разновидности.* Мангандиаспор, содержит до 4%  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  и 2%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; розовый.

*Происхождение.* Гидротермальный; нередко метаморфический — в зонах контактов; экзогенный — в бокситах.

*Спутники.* Корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , наждак, маргарит  $\text{CaAl}_2(\text{OH})_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$ , хлоритоид  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$ , иногда кианит  $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$ , рутил  $\text{TiO}_2$ , пирофиллит  $\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ . В бокситах: бёмит  $\text{AlOOH}$ , гидраргиллит  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

*Месторождения.* В СССР: Косой Брод, Урал — с корундом. За границей: Честер, штат Массачусетс в США — с наждаком.

**87. Бёмит**  $\text{AlOOH}$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  85,0;  $\text{H}_2\text{O}$  15,0). Полиморфная разность диаспора.

Ромб. с. Обычно скрытокристаллический. В макрокристаллах впервые найден в 1945 г. Э. М. Бонштедт в Вишневых горах на Урале.

Структура своеобразная листовая, отличается от диаспоровой; гидрокислы также отсутствуют.

Цвет бледно-желтый. Сп. весьма совершенная по (010). Уд. в. 3,019. Тв. 3,5—4. Хрупкий.

П. п. тр. не плавится. В кислотах нерастворим.

*Происхождение.* Поверхностный — в бокситах; гидротермальный — в пегматитах щелочной магмы.

*Спутники.* В пегматитах: нефелин  $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ , цеолиты; в бокситах: гидраргиллит  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , хлориты.

*Месторождения.* В СССР: Вишневые горы на Среднем Урале, Красная Шапочка. Салаирские и др. За границей: Бо во Франции.

**88. Гидраргиллит (гиббсит)**  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

Мон. с. Кристаллы мелкие, таблитчатые, иногда оолитовые массы, натеки, корки, мелоподобные образования.

Структура листовая, аналогична бруситовой.

Цвет белый, зеленоватый, красновато-белый. Блеск на плоскостях спайности перламутровый. Сп. весьма совершенная в одном направлении, по (001). Листочки, отщепленные по спайности, хрупкие. Тв. 2,5—3,5. Уд. в. 2,3—2,4.

П. п. тр. не плавится. Смоченный раствором  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  после прокаливания в окислительном пламени приобретает синюю окраску. В  $\text{HCl}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  растворяется при нагревании.

*Происхождение.* Гипергенный — образуется при выветривании нефелина и других алюмосиликатов в условиях щелочной среды и тропического климата; гидротермальный — в пегматитовых и других жилах.

*Спутники.* Нефелин  $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ , каолинит  $\text{Al}_2(\text{OH})_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , алу-нит  $\text{KAl}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$ .

*Месторождения.* В СССР: Ильменские горы — в полевошпато-нефелиновых жилах; Журавлинское алунитовое по р. Чусовой на Урале — в карстовых полостях известняка вместе с галлуазитом, каолинитом и алунином. За границей: бокситовые месторождения в штате Арканзас, США.

*Значение.* Составная часть алюминиевых руд — бокситов.

**89. Боксит** представляет собой породу, состоящую в основном из гидратов окислов алюминия — диаспора (бёмита) и гидраргиллита. Содержит примесь каолинита, кремнезема, окислов железа и др.

Белый и розоватый до красного в зависимости от содержания железа. Каменистый или глиноподобный, часто оолитовой структуры. Уд. в. около 2,5. Мало гигроскопичен, тощий на ощупь (отличие от каолинита).

*Происхождение.* Латеритного типа — почвенное образование тропического климата; типа terra rossa — остаточный материал от растворения известняков; продукт гидрохимических реакций близ земной поверхности; химический осадок озерного происхождения.

*Месторождения.* В СССР: Тихвинское — возможно латеритного типа, но во вторичном залегании; уральские — озерного типа (по А. Д. Архангельскому); Журавлинское по р. Чусовой — гидрохимического типа, представлено гидраргиллитом в сопровождении алунита, галлуазита и каолинита. За границей: Бо во Франции; многочисленные месторождения Индии и Африки — латеритного типа; Кроация в Югославии — тип terra rossa; месторождения штатов Арканзас и Джорджия в США — продукт выветривания щелочных нефелиновых пород.

*Значение.* Важнейшая руда на алюминий.

### Ряд титана — циркония — тория

**90. Рутил  $\text{TiO}_2$**  (Ti 60; O 40). Часто наблюдается примесь Fe (до 10% и больше) и  $(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5$  до 20%.

Тетр. с.; вид симм.  $L^4L^25PC$ . Кристаллы призматические (рис. 78), исстрихованные по длине, нередко игольчатые. Характерны коленчатые двойники (рис. 79).

Структура типическая, изображена на рис. 80. Ионы Ti находятся в шестерном окружении ионов кислорода, расположенных по вершинам октаэдра, а ионы кислорода — в тройном окружении титана. Особенностью структуры является то, что  $L^4$  лежит в плоскости гек-

сагональной сетки плотнейшей упаковки ионов кислорода, отвечающая одному из трех кристаллографически равнозначных направлений этой сетки. Этим объясняется удлиненная форма кристаллов по  $L^4$  и часто наблюдающиеся коленчатые двойники под углом в  $120^\circ$ .

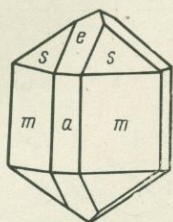


Рис. 78. Рутил:  
 $a(100)$ ,  $m(110)$ ,  
 $e(101)$ ,  $s(111)$

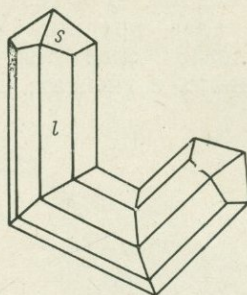


Рис. 79. Двойник рути-  
 ла:  $l(310)$ ,  $s(111)$

Цвет темно-красный. Блеск металловидный. Сп. совершенная по (110) и средняя по (100). Тв. 6—6,5. Уд. в. 4,2.

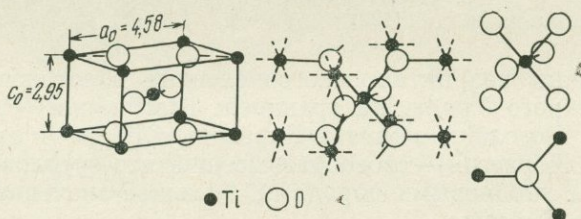


Рис. 80. Структура рутила

П. п. тр. не плавится. В восстановительном пламени окрашивает перл фосфорной соли в фиолетовый цвет в присутствии крупинки металлического олова. Кислоты не действуют. В раствор переводится сплавлением с содой или кислым сернокислым калием. Раствор, подкисленный  $H_2SO_4$ , окрашивается от капли перекиси водорода в оранжево-желтый цвет.

**Разновидности.** Сагенит — закономерно срощенные в виде сетки игольчатые кристаллы рутила. Нигрин — черный, содержит до 30%  $Fe_2O_3$ . Изерит — содержит до 45% ( $FeO + Fe_2O_3$ ). Ильменорутил — рассматривается как изоморфная смесь рутила с моосситом  $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$ , содержащая до 14—20%  $Nb_2O_5$ . Стрюверит — изоморфная смесь рутила  $TiO_2$  с тапиолитом  $(Fe, Mn)(Ta, Nb)_2O_6$ .

**Происхождение.** Магматогенный — в связи со щелочными и основными породами и гидротермальный, преимущественно в кварцевых жилах, где образует иногда крупные кристаллы. Обычен для жил альпийского типа. Характерно прорастание волосовидными кристаллами рутила горного хрусталя, иногда с образованием сагенитовых

сеток. Интересно закономерное срастание кристаллов рутила с ильменитом и ориентированные сагенитовые образования в слюдах.

*Спутники.* Гематит  $Fe_2O_3$ , магнетит  $FeFe_2O_4$ , ильменит  $FeTiO_3$ , титанит  $CaTiO[SiO_4]$ , кварц, корунд, апатит  $Ca_5(Cl, F)[PO_4]_3$ .

*Месторождения.* В СССР: Изумрудные копи в Свердловской области на Урале — крупные кристаллы во вмещающих пегматиты сланцах (редок); Чебаркуль, Тургайк и др. на Среднем Урале — в кварцевых жилах и гнейсах; Семиз-Бугу в Казахской ССР — с корун-

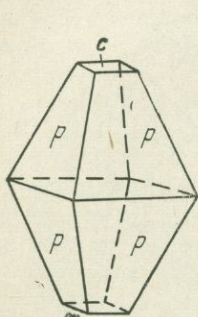


Рис. 81. Анатаз:  
 $c(001)$ ,  $p(111)$

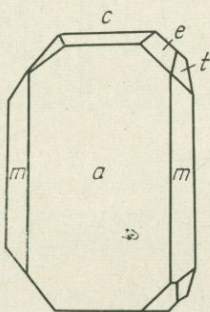


Рис. 82. Брукит:  
 $a(100)$ ,  $c(001)$ ,  
 $m(110)$ ,  $t(021)$ ,  
 $e(122)$

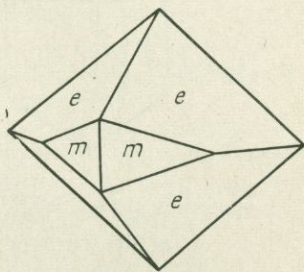


Рис. 83. Арканзит:  
 $m(110)$ ,  $e(122)$

дом во вторичных кварцитах; многочисленные золотоносные россыпи Среднего и Южного Урала. За границей: Швейцария — в жилах альпийского типа; Розеланд в штате Виргиния США — в связи с сиенитами; Южная Норвегия — своеобразные апатито-рутиловые и другие жилы в связи с габбровыми породами. Большое значение имеют морские россыпи во Флориде.

*Значение.* Важная титановая руда.

**91. Анатаз (октаэдрит)  $TiO_2$ .**

Тетр. с., вид. симм.  $L^4L^25PC$ . Кристаллы октаэдрического вида (рис. 81).

Структура несколько отличается от структуры рутила.

Цвет бурый до черного, иногда синий. Прозрачен в разной степени. Блеск металловидный. Сп. совершенная по (001) и (111). Тв. 5,5—6. Уд. в. 3,82—3,95, после прокаливания он увеличивается в связи с переходом анатаза в рутил.

Отношение к п. тр. и реактивам то же, что и у рутила.

*Происхождение.* Гидротермальный — в жилах альпийского типа; часто образуется за счет других титаносодержащих минералов. Известны псевдоморфозы анатаза по титаниту и ильмениту, известен переход анатаза в рутил с образованием параморфоз. Минерал более редкий, чем рутил.

*Спутники.* В жилах альпийского типа: кварц, адуляр  $K[AlSi_3O_8]$ , гематит  $Fe_2O_3$ , апатит  $Ca_5(Cl, F)[PO_4]_3$ , титанит  $CaTiO[SiO_4]$ , рутил  $TiO_2$ , брукит  $TiO_2$ , иногда аксинит.

*Месторождения.* В СССР: кварцевые жилы Северного Урала. За границей: Бинненталь в Швейцарии.

**92. Брукит  $TiO_2$ .**

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Встречается исключительно в кристаллах разного вида (рис. 82).

Цвет желтовато-бурый, красновато-бурый, гиацингово-красный, железно-черный. Блеск алмазный. Сп. несовершенная. Тв. 5,5—6. Хрупкий. Уд. в. 3,87—4,08.

Отношение к п. тр. и реактивам то же, что и у рутила.

*Разновидности.* Арканзит — черные дипирамидальные кристаллы (рис. 83).

*Происхождение.* Гидротермальный, встречается в жилах альпийского типа. Образует псевдоморфозы по титаниту; сам переходит в рутил. Минерал еще более редок, чем анатаз.

*Спутники.* Те же, что у рутила и анатаза.

*Месторождения.* В СССР: кварцевые жилы Северного Урала — вместе с рутилом на кристаллах и частично в кристаллах кварца; Атлянская россыпь в окрестностях Миасса (Урал). За границей: Бург д'Уазан, Франция.

**93. Бадделейт (бразилит)  $ZrO_2$  (Zr 73,9; O 26,1).**

Мон. с. Кристаллы в виде мелких табличек.

Цвет желтый и бурый до черного. Тв. 6,5. Уд. в. 5,7—6,0. Встречается в нефелиновых сиенитах близ Якупиранга в Бразилии. Очень редок.

*Разновидности.* Циркон-фавас, скрытокристаллический, натечный, волокнисто-жилковатого сложения, концентрически скорлуповатый (рис. 84). Возможно, представляет собой вторую модификацию  $ZrO_2$ . Химический состав варьирует, главным образом из-за примеси циркона.

Циркон-фавасы генетически связаны с нефелиновыми сиенитами и образуются предположительно при разрушении циркона и других циркониевых силикатов. Бразильские месторождения циркон-фавасов имеют промышленное значение.

**94. Торианит  $(Th, U)O_2$** , изоморфен с урановой смолкой  $UO_2$  и бреггеритом  $(U, Th)O_2$ . Содержит 59—93%  $ThO_2$ , также  $UO_2$  и часто  $Se_2O_3$  и  $ZrO_2$ .

Куб. с. Встречается в виде кубов.

Цвет черный. Почти непрозрачный. Тв. 6,5. Уд. в. 9,3. Радиоактивный.

П. п. тр. не плавится. Растворяется в концентрированной и разбавленной  $H_2SO_4$ .

*Происхождение.* Пегматитовый.

*Спутники.* Монацит  $SePO_4$ , торит  $Th[SiO_4]$ , ортит.

*Месторождения.* Белангода на о. Цейлон — россыпи; также на Мадагаскаре.

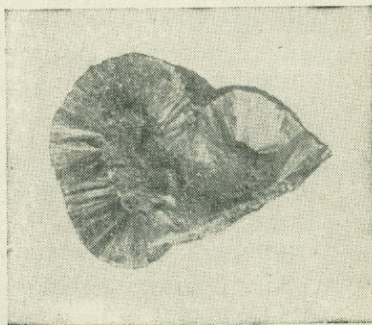


Рис. 84. Бадделейт (циркон-фавас)

### Ряд углерода — кремния — олова — свинца

Важнейшие минералы этого ряда:  $\beta$ -кварц и его разновидности и касситерит  $SnO_2$ . Углекислый газ  $CO_2$  приводится как пример газообразных минералов и как имеющий большое геохимическое значение.

### 95. Углекислый газ $\text{CO}_2$ .

Представляет собой продукт предельного окисления углерода. Очень стойкий, разлагается только в особых условиях высокой температуры и восстановительной среды.

Бесцветный, без вкуса и запаха. Не поддерживает горения. Сравнительно хорошо растворяется в воде. Растворимость повышается с увеличением давления и понижением температуры. В водных растворах участвует в процессах растворения и изменения минералов и образования карбонатов.

В огромном количестве выделяется при извержении вулканов, особенно в поствулканическую стадию. Кроме того, выносятся на поверхность глубинными и грунтовыми водами. Образуется при разложении бикарбонатов, горении органических веществ, дыхании животных и растений. На глубине выделяется при контактовом метаморфизме, в результате реакций между карбонатами и  $\text{SiO}_2$ .

Угольная кислота является важнейшим фактором разложения и изменения минералов, с одной стороны, и минералообразования, с другой.

### 96. $\beta$ -кварц<sup>1</sup> (или просто кварц)<sup>2</sup> $\text{SiO}_2$ (Si 46,7; O 53,3).

Триг. с.; вид симм.  $L^3L^2$ . Кристаллы характерной гексагональной формы, удлиненно-призматические, реже дипирамидальные (рис. 85). Обычно наблюдаются грани  $m$  ( $10\bar{1}0$ ),  $r$  ( $10\bar{1}1$ ),  $z$  ( $01\bar{1}1$ ),  $s$  ( $11\bar{2}1$ ),  $x$  ( $51\bar{6}1$ ). Грани призмы нередко исштрихованы. Различаются «правый» и «левый» кварцы (рис. 86); первый вращает плоскость поляризации вправо, второй — влево. Наблюдаются двойники (рис. 87).

Структура каркасовая. Ионы кремния находятся в четверном, тетраэдрическом окружении кислородов.

Бесцветный и разной окраски, в зависимости от примесей. Сп. весьма несовершенная (по ромбоэдру). Тв. 7. Уд. в. 2,65—2,66. Замечательными особенностями кварца являются: способность вращать плоскость поляризации, пропускать ультрафиолетовые лучи и его пьезоэлектрические свойства.

*Разновидности.* Крупнокристаллические: горный хрусталь — бесцветный, хорошо окристаллизованный; аметист — фиолетовый, в

<sup>1</sup> По А. Г. Бетехтину  $\alpha$ -кварц.

<sup>2</sup> Существует семь полиморфных разновидностей кремнезема, из которых для четырех известны температурные пределы их устойчивости при нормальном давлении; для остальных трех такие температуры указать нельзя.

Температура устойчивости в °С

$\text{SiO}_2$	>1710 (плавление)
$\alpha$ -кристобалит	1710—1470 Куб. с.
$\alpha$ -тридимит	1470—870 Гекс. с.
$\alpha$ -кварц	870—575 Гекс. с.
$\beta$ -кварц	<575 Триг. с.

Приведенные ниже «неустойчивые» разновидности кремнезема наблюдались при следующих температурах:

$\beta$ -кристобалит	<270 Тетр. с.
$\beta$ -тридимит	117—163 Ромб. с.
$\gamma$ -тридимит	<117?

Наиболее изучен и распространен на земной поверхности  $\beta$ -кварц.

виде укороченных пирамидальных кристаллов (характерны скиптровидные сростки, головки которых обычно представлены аметистом); дымчатый кварц — бурый, темный, до черного, часто бывает хорошо окристаллизован; морион — черный кварц; розовый кварц — полупрозрачный, бледно-розового цвета, встречается в пегматитах в виде сплошных масс без кристаллографических очерта-

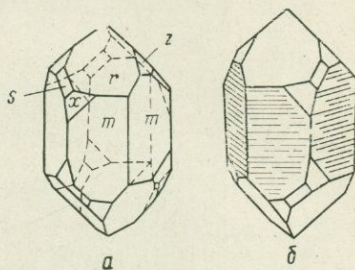
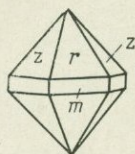
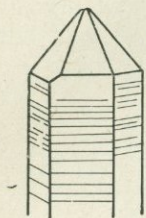


Рис. 85. Кварц:  $m(10\bar{1}0)$ ,  $r(10\bar{1}1)$ ,  $z(01\bar{1}1)$

Рис. 86. Кварц: *a* — левый, *б* — правый

ний; сплошной жильный кварц, иначе обыкновенный, — белый, серый, иногда темный, в разной степени просвечивает, частично хорошо окристаллизован; железистый кварц — красный, кристаллы его называются компастельским рубином.

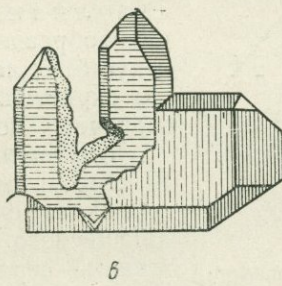
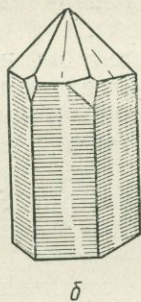
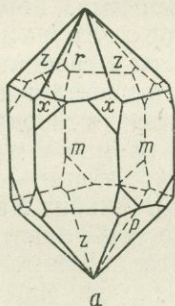


Рис. 87. Двойники кварца: *a* — бразильский, *б* — дофнейский, *в* — японский

Скрытокристаллический кварц представлен преимущественно халцедоном и его многочисленными разновидностями. Халцедон встречается в виде натеков и желваков, цвет серый (обыкновенный халцедон), иногда синеватый (сапфирин), темный и розоватый до красного (карнеол и сердолик). Зеленый халцедон называется плазмой. Кризопраз — халцедон яблочно-зеленого цвета, окрашен окислами никеля. Моховики — халцедоны, пронизанные хлоритом. Гелиотроп — зеленый халцедон с ярко-красными пятнами. Кахолонг — белый, представляет собой переход от опала к безводному халцедону. Агаты — полосатые разновидности халцедона, грубослойные агаты называются ониксами (рис. 88). Энгидросы — пустотелые желваки халцедона с включениями воды. Яшма — халцедон с большим количеством примесей в виде тонкорассеянного красящего материала.

Кремень — халцедон с примесью грубых частиц глины, песка и др. Роговики — кремнеземные породы и халцедоновидные жильные массы скрытокристаллического кварца.

*Происхождение.* Магматический — в изверженных породах и отчасти в пегматитах, встречаются параморфозы по  $\alpha$ -кварцу (рис. 89).

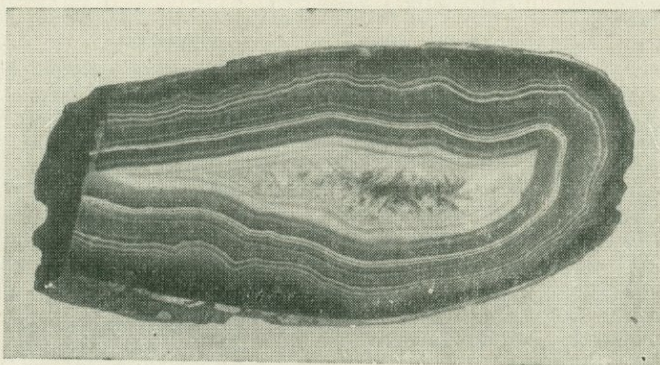


Рис. 88. Агат

Пневматолитический — возможно в некоторых гипогенных жилах и пегматитах. Гидротермальный — в рудных жилах, жилах альпийского типа и др. Метасоматический — образуется при повышенной температуре в роговиках и яшмах в связи с контактовым и околожильными изменениями пород. Поствулканический гидротермальный — разнообразные халцедоны и агаты в трещинах пород и пустотах лав. Гипергенный известен как хорошо окристаллизованный, например в жеодах среди осадочных пород, так и в виде кремня и халцедона.

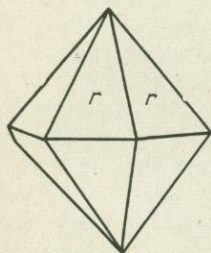


Рис. 89. Параморфоза  $\beta$ -кварца по  $\alpha$ -кварцу

*Спутники.* В пегматитовых жилах — ортоклаз  $K[AlSi_3O_8]$ , микроклин  $K[AlSi_3O_8]$ , альбит  $Na[AlSi_3O_8]$ , олигоклаз, слюды, топаз, берилл, турмалин; в жилах альпийского типа — рутил, анатаз, брукит; в рудных жилах — сернистые соединения Fe, Cu, Zn, Pb; в известняках — кальцит; в лавах — цеолиты, кальцит, барит; в россыпях — золото, цветные камни и др.

*Месторождения.* В СССР: Волынские пегматиты с кристаллами горного хрусталя; жилы альпийского типа на Северном Урале с кристаллами кварца; пегматиты района Мурзинки на Урале с горным хрусталем, дымчатым кварцем и аметистом; Уральские месторождения яшм; месторождения агата и халцедона в Крыму, на Кавказе и в Сибири в связи с излившимися породами. За границей: Швейцария, Бразилия, Мадагаскар и др. — горный хрусталь.

*Значение.* Применяется в оптике и радиотехнике (горный хрусталь и отчасти дымчатый кварц); в ювелирном и гранильном деле (аметист, дымчатый кварц, горный хрусталь, яшма, агаты, халцедон), в технике точных приборов (агат, халцедон), стекольном и других производствах (кварцевый песок).

97. Опал  $SiO_2 \cdot n H_2O$ , с содержанием воды в большинстве случаев до 3—9%.

Аморфный. Натёки и сплошные массы, иногда цемент глинистых и других пород. Тв. 5,5. Уд. в. около 2.

Выделяет воду при прокаливании в закрытой трубке. Растворяется при нагревании с раствором едкого натрия.

*Разновидности.* Драгоценный опал — иризирует; образуется в связи с вулканической деятельностью; выполняет трещины и является цементом в глинистых породах. Полуопал — с примесью окислов железа, глинистого вещества и др.; цвет желтый, бурый, коричневый, иногда зеленый. Гейзерит — туф горячих источников,

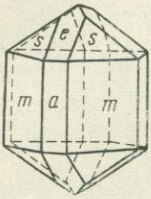


Рис. 90. Касситерит:  
a(100),  
m(110), e(101),  
s(111)

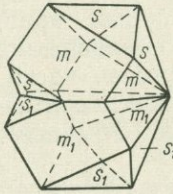


Рис. 91. Двойник  
касситерита:  
m(110), s(111)

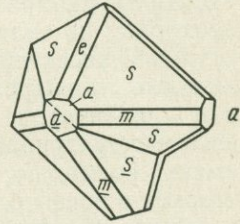


Рис. 92. Двойник  
касситерита

гейзеров. Гиалит — водянопрозрачные, бесцветные натёки и корочки, преимущественно на базальте. Диатомовый ил, трепел, опока — встречаются в виде белых мелоподобных масс, иногда сланцеватого сложения, состоящих из кремневых остатков организмов, часто метаморфизованных.

*Происхождение.* Гидротермальный — в связи с вулканической деятельностью. Поверхностный — в зоне железной шляпы и коре выветривания магнезиальных пород.

*Месторождения.* В СССР: Ахалцыхское в Грузинской ССР — диатомит; Добужское в Калужской области и Дурасовское в Куйбышевской области — трепел; Воляньские, УССР — опалы в измененных гранитах; Николаевский рудник на Алтае — полуопалы; Южный Урал. За границей: Мексика, Австралия, Чехословакия — драгоценные опалы.

*Значение.* Драгоценный опал используется в ювелирном деле; диатомиты, опоки и трепелы — в производстве огнеупорных кирпичей, а также в абразивной и керамической промышленности.

**98. Касситерит** (оловянный камень)  $\text{SnO}_2$  (Sn 78,6; O 21,4). Обычно содержит Fe, иногда Nb, W и другие редкие элементы.

Тетр. с.; вид симм.  $L^4L^25PC$ . Встречается в виде зерен, кристаллов (рис. 90) и в сплошном виде. Характерны двойники (рис. 91, 92). Структура идентична структуре рутила.

Цвет бурый до почти черного. Блеск алмазный, в изломе смоляной, слегка жирный, иногда металлоидный. Сп. несовершенная. Тв. 6—7. Уд. в. около 7.

П. п. тр. в пинцете не изменяется, на угле с содой восстанавливается до металлического олова. Действию кислот почти не поддается. При нагревании в нескольких каплях соляной кислоты с

кусочком цинка или на цинковой пластинке, смоченной соляной кислотой, оловянный камень в большинстве случаев покрывается пленкой металлического олова. После протирки на сукне сильно блестит («оловянное зеркало»).

*Разновидности.* Деревянистый оловянный камень — жилковатого сложения, натечный.

*Происхождение.* Пневматолитический и гидротермальный разных температур, нередко в пегматитовых жилах. Представляют интерес типоморфные особенности касситерита в связи с условиями его образования. Высокотемпературный касситерит — темно-бурый до черного, кристаллы дипирамидальные, укороченные, обнаруживают сильный плеохроизм и значительное содержание  $Nb_2O_5$  — до 4%. Низкотемпературный касситерит — светло-бурый, кристаллы призматические, удлиненные, плеохроизм слабый, содержание  $Nb_2O_5$  низкое (десятые доли процента), в качестве примеси часто присутствует W. Наиболее низкотемпературная разновидность касситерита — деревянистый оловянный камень, возможно, гипергенный. Обычным является нахождение касситерита в россыпях.

*Спутники.* В пегматитах: альбит, лепидолит, полихромный турмалин, иногда сподумен  $LiAl[Si_2O_6]$ , литиофилит  $Li(Mn, Fe)[PO_4]$ , трифилин  $Li(Fe, Mn)[PO_4]$ , амблигонит  $LiAl(F, OH)[PO_4]$ , колумбит  $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$ . В кварцевых жилах: вольфрамит  $(Fe, Mn)WO_4$ , молибденит  $MoS_2$ , триплит  $(Mn, Fe)_2F[PO_4]$ ; в сульфидных жилах: халькопирит  $CuFeS_2$ , пирит, пирротин  $Fe_{1-x}S_1$ , станный  $SnCu_2FeS_4$ .

*Месторождения.* В СССР: в Магаданской области — кварцевые жилы; Ононское и Завитинское в Забайкалье — пегматиты; Халчеранга, там же, — жилы с сульфидами; Калбинские в Восточном Казахстане — кварцевые жилы с вольфрамитом; Масриф в Гиссарском хребте — контактовые зоны с арсенопиритом. За границей: н-ов Малакка в Азии — коренные месторождения жильного типа и россыпи; Боливия — мирового значения, гидротермальные месторождения с сульфидами.

*Значение.* Важнейшая оловянная руда.

**99. Массикот**  $PbO$  (Pb 92,8; O 7,2).

Ромб. с. Плотный, чешуйчатый или землистый. Цвет темный и красноватый. Продукт окисления галенита. Минерал редкий.

**100. Платтнерит** (тяжелая свинцовая руда)  $PbO_2$  (Pb 86,6; O 13,4).

Тетр. с.; вид симм.  $L^4L^25PC$ . Плотный, редко в виде кристаллов.

Цвет железно-чёрный. Черта бурая. Непрозрачен. Блеск полуметаллический Тв. 5,5. Хрупкий. Уд. в. 8,5. Минерал редкий.

*Месторождения.* Известен в Ледхиллс, Шотландия, и в Айдахо, США.

## Ряд ванадия

**101. Алаит**  $V_2O_5 \cdot H_2O$ .

Сингония неизвестна. Встречается в виде волокнистых мохоподобных масс. Мягкий.

Цвет темно-красный. Минерал гипергенный. Очень редок. Встречен в Средней Азии.

## Ряд мышьяка — сурьмы — висмута

Ниже перечисленные минералы представляют собой, кроме редко встречающегося арсенолита, довольно обычные продукты выветривания соответствующих сернистых соединений. Всегда находятся совместно с первичными минералами. Крупных скоплений не образуют или образуют редко (сурьмяные охры). Имеют значение как поисковые признаки на Sb и Bi.

**102. Арсенолит** (мышьяковые цветы)  $As_2O_3$  (As 75,8; O 24,2).

Куб. с. Октаэдры и волосовидные кристаллы, а также хлопьевидные и землистые налеты и корочки жилковатого сложения.

Структура молекулярная, состав молекулы  $As_4O_6$ .

Бесцветный и белый. Сп. средняя по октаэдру. Тв. 1,5. Уд. в. 3,7. Ядовит. В пл. п. тр. легко улетучивается, даёт характерный для мышьяка налет.

*Происхождение.* Поверхностный. Очень редок.

*Спутники.* Мышьяковистые минералы.

**103. Сенармонтит**  $Sb_2O_3$  (Sb 83,3; O 16,7).

Куб. с.; вид симм.  $3L^4L^36L^29PC$ . Октаэдры, зернистые и сплошные массы и корочки.

Структура такая же, как у арсенолита.

Бесцветный, белый или серый. Блеск алмазный. Сп. несовершенная. Тв. 2—2,5. Уд. в. 5,22—5,30.

На угле в пл. п. тр. дает плотный белый налет. В HCl растворяется; при прибавлении к раствору воды выпадает белый осадок.

*Происхождение.* Поверхностный — образуется в зоне окисления по сурьмяному блеску.

*Спутники.* Антимонит  $Sb_2S_3$ , валентинит  $Sb_2O_3$ , сервантит  $Sb_2O_4$ , стибиконит  $Sb_3O_6(OH)$ , иногда киноварь HgS.

*Месторождения.* В СССР: обычный минерал зоны окисления сурьмяных месторождений. За границей: провинция Константина в Алжире.

**104. Валентинит**  $Sb_2O_3$  (Sb 83,3; O 16,7).

Ромб. с., вид. симм.  $3L^23PC$ . Таблички, чешуйчатые и звездчатые агрегаты и сплошные массы.

Цвет желтовато- и серовато-белый. Сп. совершенная по (010). Тв. 2,5—3. Хрупкий. Уд. в. 5,6.

На угле в пл. п. тр. дает белый плотный налет. Возгоняется при нагревании в закрытой трубке. В HCl легко растворяется; из раствора при прибавлении воды выпадает белый осадок.

*Происхождение, спутники и месторождения* те же, что и у сенармонтита.

**105. Сервантит**  $Sb_2O_4$  или  $Sb_2O_5$ .

Ромб. с. Кристаллы игольчатые; порошокватый и плотный.

Цвет белый до желтого. Тв. 4,5. Уд. в. 4.

П. п. тр. легко восстанавливается до Sb и дает белый плотный налет. При нагревании в закрытой трубке не улетучивается (в отличие от валентинита). В HCl растворяется с трудом.

*Происхождение.* Поверхностный. Часто образует псевдоморфозы по антимониту.

*Спутники.* Антимонит  $Sb_2S_3$ .

*Месторождения.* Сервантес близ Луго в Испании и многие другие месторождения антимонита в СССР и за границей.

**106. Стибиконит**  $Sb_3O_3 \cdot OH$ .

Состав переменный. Скрытокристаллический. Плотный.

Цвет светло-желтый. Черта желтовато-белая, блестящая. Блеск жирный или матовый. Непрозрачен. Тв. 4—5. Уд. в. 5,1—5,3.

П. п. тр. на угле сам по себе не восстанавливается, но с содой дает сурьму.

*Происхождение.* Поверхностный — часто образует псевдоморфозы по антимониту.

*Спутники.* Сервантит  $Sb_2O_4$ , антимонит  $Sb_2S_3$ .

*Месторождения.* В Мексике, штат Сонора.

**107. Бисмит** (висмутовая охра)  $Bi_2O_3$  (Bi 89,66; O 10,34).

Всегда содержит воду; возможно, что представляет собой гидроокись висмута.

Триг. с. Порошковатый, землистый.

Цвет соломенно-желтый и зеленовато-желтый. Мягкий, Уд. в. 4,36.

П. п. тр. на угле плавится в массу бледно-желтого цвета и восстанавливается до металлического висмута. С KJ+S дает налет  $BiJ_3$  бархатно-красного цвета.

*Происхождение.* Поверхностный — образуется по висмутовому блеску и другим содержащим висмут сернистым минералам.

### Ряд молибдена — вольфрама — урана

Подобно предыдущему ряду, содержит преимущественно вторичные минералы поверхностного образования, представленные цветными охрами или тонкими кристаллическими корочками. В основном минералы имеют значение поисковых признаков. Исключение представляет уранинит, как важнейшая урановая руда.

**108. Молибдит** (молибденовая охра)  $MoO_3$  (Mo 66,7; O 33,3).

Анализы обнаруживают, кроме молибдена, железо и воду в количествах, отвечающих формуле  $Fe_2[MoO_4]_3 \cdot 7H_2O$ . Минерал этого состава получил название ферримолибдита и относится к группе солей молибденовой кислоты (молибдатам).

Ромб. с. Встречается в виде землистых налетов и тонковолокнистых скоплений.

Цвет соломенно-желтый. Тв. 1. Уд. в. 4,5.

П. п. тр. в восстановительном пламени окрашивает перл фосфорной соли в зеленый цвет. При выпаривании с каплей  $H_2SO_4$  в фарфоровой чашечке до паров  $SO_3$  появляется синее пятно.

*Происхождение.* Поверхностный — образуется по молибдениту.

**109. Тунгстит** (вольфрамовая охра)  $H_2WO_4$ .

Ромб. с. Чешуйчатый, порошковатый; встречается в виде налетов.

Цвет зеленовато-желтый. Сп. совершенная. Мягкий.

В восстановительном пламени паяльной трубки окрашивает перл фосфорной соли в голубой цвет.

Образуется при выветривании шеелита  $CaWO_4$  и вольфрамита  $(Fe, Mn)WO_4$ .

*Примечание.* Существование тунгстита как безводного  $WO_3$  не подтверждается анализами. Известен меймацит  $WO_3 \cdot 2H_2O$ , образующийся по шеелиту — коллоидный порошковатый минерал и ферритунгстит  $Fe_2(OH)_4WO_4 \cdot 4H_2O$ , возникающий, по-видимому, по вольфрамиту. Внешние признаки обоих сходны с указанными для тунгстита.

**110. Уранинит** (урановая смоляная руда, урановая смолка)  $UO_2$ . Обычно содержит  $UO_3$ , а также Th, Pb, редкие земли, He, N; свинец и гелий являются продуктами радиоактивного распада урана.

Куб. с.; вид симм.  $3L^4L^36L^29PC$ . Кристаллы редки, чаще сплошные массы и натечные формы.

Структура типа структуры флюорита.

Цвет смоляно-черный. Блеск полуметаллический. Тв. 6. Хрупкий.

Уд. в. до 10. Сильно радиоактивен.

П. п. тр. не плавится или закругляется в острых краях. Перл фосфорной соли в восстановительном пламени окрашивает в зеленый цвет. Растворяется в азотной и серной кислотах.

*Разновидности.* Урановая чернь и урановая охра — порошковатая и землистая разновидности. Настуран — обогащен  $UO_3$ , гроздевидный, натечный вторичного происхождения, иногда образует псевдоморфозы по ураниниту. Тв. (5) и уд. в. (5—9) понижены по сравнению с уранинитом. Цвет от черного до зеленовато-черного. Непрозрачен. Нивенит — сплошные массы, содержит Y. Клевеит — кроме Y содержит Eg, Th и особенно много Ag и He, также  $H_2O$ . Уранониобит содержит  $Nb_2O_5$ .

*Происхождение.* Пегматитовое для уранинита и его редкоземельных разновидностей; гидротермальное для урановой смолки в рудных жилах.

*Спутники.* В пегматитах: ортит, торит; в рудных жилах: серебряно-кобальтовые и сернисто-мышьяковистые руды, галенит, барит. Продуктами окисления являются торбернит  $Cu(UO_2)_2P_2O_8 \cdot 8H_2O$ , гуммит, различные водные окислы урана желтого, оранжево-желтого цвета и др.

*Месторождения.* За границей: Катанга в Республике Заир, Африка — пегматитовые жилы; Большое Медвежье озеро в Канаде — рудные жилы.

*Значение.* Важная руда на уран и радий.

Ниже приведено описание вторичных водных окислов урана, встречающихся вместе с уранинитом в месторождении Казола в Республике Заир.

**111. Беккерелит**  $2UO_3 \cdot 3H_2O$

Ромб. с. Встречается в виде мелких кристалликов.

Цвет канареечно-желтый до оранжевого. Блеск жирный. Сп. совершенная.

**112. Скупит** (шёпит)  $2UO_3 \cdot 4\frac{1}{2}H_2O$ .

Ромб. с. Кристаллы призматические и таблитчатые.

Цвет желтовато-бурый. Блеск алмазный. Сп. совершенная. Уд. в. 5,69.

**113. Янтинит**  $2UO_2 \cdot 7H_2O$  (?).

Ромб. с. Кристаллы игольчатые с весьма совершенной спайностью.

Цвет фиолетово-черный, переходит по краям в желтый. Тв. 2—3.

**114. Кюрит**  $2PbO \cdot 5UO_3 \cdot 4H_2O$  (?).

Ромб. с. Кристаллы тонкоигольчатые.

Цвет красновато-коричневый до темно-желтого. Черта оранжевая. Тв. 4—5. Уд. в. 7,19. Растворяется в кислотах.

### Ряд серы

К этому ряду относятся  $SO_2$  — газ и  $H_2SO_4$  — свободная серная кислота. Оба минерала представляют теоретический интерес.

### 115. Сернистый газ $\text{SO}_2$ .

В природе выделяются при вулканической деятельности. Кроме того, образуется при окислении самородной серы и сернистых металлов.

### 116. Серная кислота $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

В качестве минерала встречается редко ввиду ее химической активности. Известна в Каракумском месторождении серы, где она, как продукт окисления серы, местами пропитывает вмещающие песчаные породы.

## Ряд марганца

### 117. Браунит $\text{Mn} \cdot \text{Mn}^{\text{IV}}\text{O}_3$ . Обычно содержит $\text{SiO}_2$ .

Тетр. с. Кристаллы мелкие, напоминают октаэдры, образуют друзовидные корочки; чаще встречается в виде плотных зернистых масс.

Цвет и черта темно-коричневые до стально-серых. Сп. средняя по (111). Тв. 6—6,5, уменьшается в результате выветривания браунита с переходом его в псиломелан и затем в пиролюзит. Хрупкий. Уд. в. 4,7—4,9.

П. п. тр. не плавится. С бурой дает реакцию на Mn. Разлагается в  $\text{HCl}$  с выделением студня  $\text{SiO}_2$  и хлора (запах).

*Происхождение.* Гидротермальный и вторичный, также контактово-метаморфический и метасоматический по доломиту и кальциту.

*Месторождения.* В СССР: рудник Сапальский, Урал. За границей: Ильменау на Гарце (ГДР).

### 118. Пиролюзит $\text{MnO}_2$ (Mn 63,1; O 36,9). Содержит до 2% $\text{H}_2\text{O}$ .

Образует радиальнолучистые агрегаты (рис. 93) и корочки, состоящие из мелких кристаллов, иногда на манганите. Обычно яснокристаллические корочки состава пиролюзита прежде назывались полианитом. Встречается в виде оолитовых и землистых масс, а также в виде налетов.

Тетр. с.; вид симм.  $L^4L^25PC$ .

Кристаллическая структура аналогична структуре рутила.

Цвет железно-черный. Блеск металлический. Тв. различная; часто мягкий, марают руки; у кристаллических разновидностей тв. 5—6. Уд. в. 4,73—4,86.

П. п. тр. не плавится. Растворяется в  $\text{HCl}$  с выделением хлора.

*Происхождение.* Поверхностный — встречается как продукт вывет-

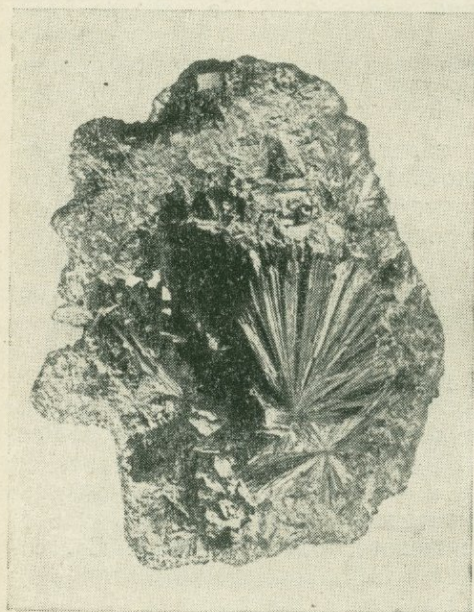


Рис. 93. Пиролюзит

ривания пород и минералов, содержащих марганец; образует псевдоморфозы, особенно по манганиту.

*Месторождения.* В СССР: Чиатурское в Грузии — осадочное; Никопольское в УССР — аналогичное Чиатурскому.

*Значение.* Руда на марганец.

**119. Манганит**  $Mn \cdot Mn^{IV}O_2(OH)_2$  ( $Mn_2O_3$  89,7;  $H_2O$  10,3;  $Mn$  62,4). Иногда содержит  $Fe_2O_3$ ,  $BaO$ ,  $SiO_2$ .

Мон. с. Кристаллы столбчатые, вдоль грубо исстрихованы; встречаются натечные, плотные и землистые массы. Кристаллическая структура не выяснена.

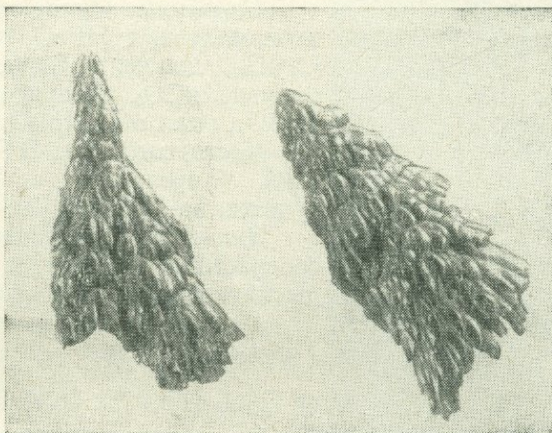


Рис. 94. Псиломелан

Цвет железно-черный или темный стально-серый. Черта красно-вато-бурая. Блеск металлоидный. Тв. 4. Уд. в. 4,3.

П. п. тр. не плавится. С перлом буры дает реакцию на  $Mn$ .

*Происхождение.* Гидротермальный — в жилах, иногда в контактах. Поверхностный — возникает при выветривании минералов и горных пород; образует псевдоморфозы по кальциту; сам переходит в пиролюзит; обычны псевдоморфозы пиролюзита по манганиту.

*Спутники.* Пиролюзит  $MnO_2$ , гаусманит  $Mn_3O_4$ , браунит  $Mn_2O_3$ , барит  $BaSO_4$ , кальцит  $CaCO_3$ .

*Месторождения.* В СССР: Чиатуры и Никополь (см. пиролюзит). За границей: Ильфельд на Гарце в ГДР, район Верхнего озера в США — манганит в железных рудах.

*Значение.* Важнейшая марганцевая руда.

**120. Псиломелан**  $mMnO \cdot nMnO_2 \cdot pH_2O$ . Состав неопределенный, приближающийся к  $MnO_2$ . Содержит  $BaO$ ,  $K_2O$ ,  $H_2O$  и др. Встречается в виде натечных, гроздевидных и почковидных образований (рис. 94) и плотных масс.

Ромб. с. (?). Скрытокристаллический.

Цвет железно-черный, до темного стально-серого. Черта коричнево-черная, блестящая. Непрозрачный. Блеск металлический. Тв. 1—6. Уд.в. 3,0—4,26.

П. п. тр. плавится с трудом. Растворяется в  $HCl$  с выделением хлора.

**Разновидности.** Собственно псиломелан — твердая марганцевая руда; тв. 5. Вад — землистая разновидность псиломелана; встречается в виде аморфных и почковидных масс (рис. 95); обычно очень мягок, иногда пенисто-рыхлый (марганцевая пена), маркий; цвет черный, буро-черный и темно-серый. Иногда содержит кобальт (асболан, до 32% CoO), медь (лампадит, до 18% CuO), железо и до 20% воды.



Рис. 95. Вад

**Происхождение.** Поверхностный — образуется в результате разрушения пород и минералов, содержащих марганец.

**Спутники.** Пирролюзит  $MnO_2$ , бурый железняк  $HFeO_2 \cdot nH_2O$ , кальцит  $CaCO_3$ , доломит  $CaMg[CO_3]_2$ , родохрит  $MnCO_3$ , сидерит  $FeCO_3$ , барит  $BaSO_4$ , опал  $SiO_2 \cdot nH_2O$ .

**Месторождения.** В СССР: Сапальский, Марсятский и Надеждинский рудники на Урале.

**Значение.** Марганцевая руда. Вад, содержащий кобальт, и асболан — руды на кобальт.

## Ряд железа

### 121. Железный блеск (гематит) $Fe_2O_3$ (Fe 70,0; O 30,0).

Триг. с.; вид симм.  $L^3_6ZL^2_3PC$ . Кристаллы ромбоэдрического или таблитчатого вида (рис. 96), также чешуйчатые и слюдоподобные образования и сплошные кристаллические массы. Кристаллическая структура аналогична структуре корунда с тем различием, что места Al здесь заняты  $Fe^{3+}$ .

Цвет черный до буровато-красного. Цвет черты и порошка вишнево-красный. Блеск металлоидный. Сп. нет. Отдельность по ромбоэдру. Тв. 5,5—6,5. Уд. в. 4,9—5,3. Немагнитен или слабо магнитен. В кислотах растворяется медленно.

**Разновидности.** Яснокристаллические: спекулярит — тонкопластинчатый железный блеск; железная слюдка — слюдоподобная мелкокристаллическая разновидность; железная сметана — тонкочешуйчатая порошковатая железная слюдка, жирная на ощупь, марает руки, вишнево-красного цвета; железная роза — характерные изогнутые сростки пластинчатых кристаллов (рис. 97); базаномелан, или железная роза, — содержит  $TiO_2$  до 10% и FeO до 5%.

Скрытокристаллические: гематит, или красный железняк, — цвет вишнево-красный, такого же цвета порошок и черта. Натечный гематит — натечки и корки, часто жилковатого сложения с блестящей черной поверхностью (стеклянная голова); землистый или охристый красный железняк (или красная железная руда) — сплошные землистые массы и оолитовые образова-

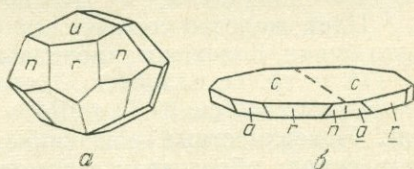


Рис. 96. Железный блеск: а — кристалл:  $r(10\bar{1}1)$ ,  $u(10\bar{1}4)$ ,  $n(224\bar{3})$ ; б — двойник:  $c(0001)$ ,  $a(11\bar{2}0)$

ния; мартит — псевдоморфозы по магнетиту, иногда в виде октаэдров; цвет черный, блеск металловидный.

*Происхождение.* Динамометаморфический — в кристаллических сланцах. Контактво-метаморфический — в контактовых зонах. Пневматолитический — возгоны вулканов. Поверхностный — продукт изменения других железистых минералов.

*Спутники.* В жилах: кварц и карбонаты; в кристаллических сланцах и скарнах: магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ . Продукты изменения: лимонит  $\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ .

*Месторождения.* В СССР: Кривой Рог в УССР и Курская магнитная аномалия — в кристаллических сланцах. За границей: в районе Верхнего озера в США — аналогичные Кривому Рогу; о. Эльба в Италии — контактовое.

*Значение.* Важнейшая железная руда.

**122. Гётит**  $\text{HFeO}_2$  ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  89,9;  $\text{H}_2\text{O}$  10,1; Fe 62,9).

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы мелкие, игольчатые, иногда пластинчатые; встречается также в виде натеков и землистых масс.

Кристаллическая структура идентична структуре диаспора.

Цвет желтовато-бурый и черновато-коричневый. Черта охряно-желтая до буровато-желтой. Блеск алмазный. Сп. совершенная по (010). Тв. 5—5,5. Уд. в. 4,4. В отличие от лепидокрокита оптически отрицательный.

П. п. тр. плавится трудно. При нагревании в закрытой трубке выделяет воду. В  $\text{HCl}$  растворяется легко.

*Разновидности.* Игольчатая железная руда — игольчатые кристаллы, собранные часто в виде лучистых пучочков. Бархатная обманка — тонковолокнистые скопления гётита, поверхность которых напоминает бархат.

*Происхождение.* Гидротермальный и поверхностный, часто образует псевдоморфозы по пириту.

*Спутники.* Кварц, кальцит, гематит, лимонит.

*Месторождения.* В СССР: Волк-остров на Онежском озере — онегит в жеодах кварца.

**123. Лепидокрокит**  $\text{FeOON}$ .

Ромб. с. Чешуйчатый. По внешним признакам трудно отличим от гётита. Цвет охряно-желтый до темно-коричневого. Сп. совершенная по (010) и средняя по (001). Тв. 4,5—5. Уд. в. 4,09. Оптически положительный, в отличие от гётита, от которого также отличается дебаеграммой.

*Разновидности.* Рубиновая слюдка — тонкочешуйчатые выделения в солнечном камне, гейландите и других минералах.

*Происхождение.* Встречается в условиях, близких к условиям нахождения гётита.

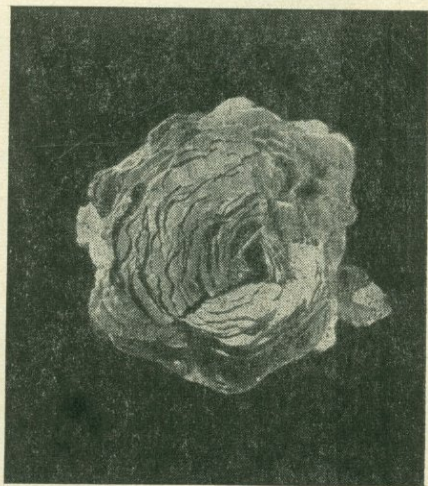


Рис. 97. Железная роза

**124. Гидрогётит** (лимонит, или бурый железняк)  $\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Иногда состав близок к  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Последнему случаю отвечает содержание Fe 59,8; O 25,7;  $\text{H}_2\text{O}$  14,5. Содержание воды сильно колеблется. Рассматривается как твердый раствор воды в гётите.

Соответственно различается гидролепидокрокит и отсюда лепидокрокитовая разность лимонита.

Скрытокристаллический, натечный (рис. 98); часто жилковатого сложения, а также в виде жеод (рис. 99), конкреций, оолитов, плотных и землястых масс.

Цвет на блестящей лаковой поверхности натечков темно-бурый, иногда почти черный; землястые разновидности охряно-желтые и коричнево-желтые. Черта желтовато-бурая. Тв. 5—5,5. Уд. в. 3,6—4. В зависимости от содержания воды различают многочисленные разновидности.

При нагревании в закрытой трубке выделяется много воды.

*Происхождение.* Поверхностный — образуется в результате выветривания железосодержащих минералов; сульфидов, силикатов и др. Осадок морей.

Метасоматический — путем замещения известняков. Биогенный — при участии железобактерий на дне озер.



Рис. 98. Лимонит

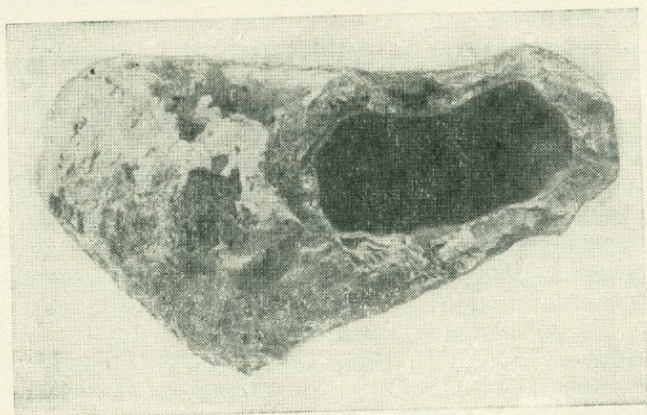


Рис. 99. Жеода лимонита

*Месторождения.* В СССР: Керченские на Керченском полуострове — осадочно-морского происхождения; Липецкие и Тульские — озерно-болотного типа; Бакальские на Урале — связаны с выветриванием карбонатных пород. За границей: в Лотарингии и Люксембурге — крупнейшие в Западной Европе.

*Значение.* Важная железная руда.

## СЛОЖНЫЕ ОКИСЛЫ

### Окислы типа $R \cdot R_2 \cdot O_4$

#### ГРУППА ХРИЗОБЕРИЛЛА

##### 125. Хризоберилл $BeAl_2O_4$ (BeO 19,8; $Al_2O_3$ 80,2).

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Таблитчатые сростки гексагонального вида (рис. 100).

В кристаллической структуре хризоберилла ионы алюминия находятся в шестерном, а берилл — в четверном окружении ионов кислорода, которые создают подобие плотнейшей упаковки гексагонального типа.

Цвет желтовато-зеленый и темно-зеленый (александрит). Сп. несовершенная. Тв. 8,5. Уд. в. 3,5—3,84.

П. п. тр. не изменяется. Кислоты не действуют.

*Разновидности.* Александрит — драгоценная разновидность хризоберилла; темно-зеленый при дневном свете и красновато-фиолетовый при искусственном освещении.

*Происхождение.* Пегматитовые жилы, слюдяные сланцы в связи с пегматитами; контакты.

*Спутники.* Берилл  $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$ , фенацит  $Be_2[SiO_4]$ .

*Месторождения.* За границей: Минас Жераес в Бразилии и Цейлон — в аллювиальных отложениях.

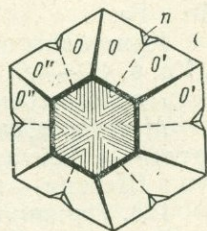


Рис. 100. Хризоберилл:  
 $o(111)$ ,  
 $n(121)$

#### ГРУППА ШПИНЕЛИ

Сюда относится значительное число минералов, аналогичных по типу соединения  $R \cdot R_2 \cdot O_4$  при широко проявленном изовалентном замещении одних элементов другими в рядах: Mg, Fe, Mn, Zn и Al, Fe, Cr, Mn. Все минералы этой группы относятся к кубической сингонии, вид симм.  $3L^4L^36L^29PC$ , и имеют одинаковую довольно сложную кристаллическую структуру. Последняя характеризуется плотнейшей упаковкой ионов кислорода в плоскостях октаэдра и нахождением трехвалентных ионов в шестерном, по вершинам октаэдра, а двухвалентных — в четверном, по вершинам тетраэдра, окружении ионами кислорода.

Минералы группы шпинели обнаруживают много близких свойств и сходные условия нахождения в природе.

126. Шпинель  $MgAl_2O_4$  ( $Al_2O_3$  71,8; MgO 28,2). Магний частью замещается Fe, Mn, Zn, а алюминий — Fe, Cr.

Куб. с. Кристаллы — октаэдры и другие формы в комбинации с октаэдром; характерны двойники.

Цвет розовый до черного, часто зеленоватый, голубоватый. Сп. по октаэдру несовершенная. Тв. 8. Уд. в. 3,6.

П. п. тр. не плавится. Разлагается при сплавлении с бисульфатом калия.

*Разновидности.* Красная шпинель (окраска от примеси  $Cr_2O_3$ ). Цейлонит, или плеонаст, — черная, железо-магнезиальная разновидность шпинели  $(Mg, Fe)Al_2O_4$ . Хлорошпинель  $Mg(Al, Fe)_2O_4$  — травяно-зеленая. Пикотит  $Mg(Al, Fe, Cr)_2O_4$  — зеленовато-бурый.

*Происхождение.* Контактное в связи с известняками; магматическое; в кристаллических сланцах.

*Спутники.* Магнетит, хондродит  $Mg_5(OH, F)_2[SiO_4]_2$ , везувиан, пироксены, иногда оливин  $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$ , серпентин  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ , кальцит.

*Месторождения.* В СССР: Южноуральские минеральные копи (Шимские и Назямские горы) — плеонаст, в своеобразных контактах; Слюдянка на юге Байкала — хлорошпинель в мраморах; на Алдана — черная шпинель с диопсидом и желтым кальцитом; Памир — красная шпинель. За границей: Цейлон — цейлонит и красная шпинель в россыпях; район Амиды в штате Нью-Йорк (США) — в известняках и серпентинитах; Везувий, Италия — в вулканических бомбах.

**127. Ганит**  $ZnAl_2O_4$  (ZnO 44,3;  $Al_2O_3$  55,7). Цинк замещается Mn и Fe.

Кристаллы октаэдрического габитуса. Цвет темно-зеленый. Тв. 7,5—8. Уд. в. 4,0—4,6.

*Происхождение.* Контактный, подобно другим шпинелям. Редок.

*Месторождения.* В СССР: Прасковье-Евгеньевская копь на Южном Урале — в контактово-метаморфизованных породах. За границей: Фалун в Швеции — в тальковых сланцах.

**128. Герцинит**  $FeAl_2O_4$ .

Встречается обычно в тонкозернистых массах. Цвет черный. Черта серовато-бурая. Тв. 7,5—8. Уд. в. 3,91—3,95. Трудно отличим от плеонаста.

*Происхождение.* Контактново-метаморфический, подобно другим шпинелям. Иногда встречается вместе с корундом.

**129. Франклинит**  $(Fe, Zn, Mn)(Fe, Mn)_2O_4$ .

Кристаллы октаэдрического габитуса с закругленными ребрами; также плотный зернистый.

Цвет железно-черный. Иногда слабо магнитен. Сп. несовершенная. Тв. 6—6,5. Уд. в. 5,1.

П. п. тр. не плавится, но сильно светится и отделяет искры. Дает реакцию на Zn и Mn. Разлагается при нагревании с выделением Si.

*Происхождение.* Контактново-метаморфический.

*Спутники.* Цинкит ZnO, троостит  $(Zn, Mn)_2[SiO_4]$ .

*Месторождения.* Франклин в штате Нью-Джерси (США) — контактово-метаморфическое.

**130. Магнетит** (магнитный железняк)  $FeFe_2O_4$  (Fe 72,4; O 27,6) Fe<sup>2+</sup> замещается Mg, реже Ni.

Куб. с. Кристаллы в виде октаэдров; обычно сплошные зернистые массы.

Цвет черты черный. Блеск металлический. Сп. нет. Тв. 5,5—6,5. Уд. в. 5,17. Сильно магнитен.

П. п. тр. не плавится. Растворяется при нагревании в HCl.

*Разновидности.* Магномагнетит  $(Fe, Mg)Fe_2O_4$ . Титаномагнетит  $Fe(Fe^{2+}, Ti)_2O_4$  — с высоким содержанием  $TiO_2$  в виде твердого раствора. В случае распада твердого раствора — зерна магнетита в сростании с пластинчатым ильменитом.

*Происхождение.* Магматический; контактовый; метаморфический в кристаллических сланцах.

*Спутники.* Железный блеск  $Fe_2O_3$ , шпинель  $MgAl_2O_4$ , гранат, титанистый железняк  $FeTiO_3$ , апатит  $Ca_5(Cl, F)[PO_4]_3$ , хромит  $FeCr_2O_4$ , пирит  $FeS_2$ , серпентин  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ .

*Месторождения.* В СССР: Магнитогорское на Урале, а также горы Высокая и Благодать — типа контактовых; Тельбесское в Западной Сибири — контактовое; район Курской магнитной аномалии — кристаллические сланцы. За границей: Кирунавара и Люоссавара в Шведской Лапландии — магматические, в связи с сиенитами, в сопровождении апатита.

*Значение.* Важнейшая железная руда.

**131. Хромит** (хромистый железняк)  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  (FeO 32,0;  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  68,0). Fe<sup>2+</sup> замещается Mg, а Cr—Al и Fe<sup>3+</sup>.

Многочисленные разновидности, возникшие в результате упомянутого замещения, получили общее название хромшпинелидов.

Хромшпинелиды встречаются обычно в виде зернистых масс в змеевиках.

Куб. с. Цвет черный. Черта светло-бурая, иногда зеленоватая. Блеск металлоидный (не смешивать с магнетитом и титанистым железняком). Тв. 5,5. Уд. в. 4,5.

П. п. тр. не плавится. Перл буры окрашивает в зеленый цвет. Кислоты не действуют. Разлагается сплавлением с бисульфатом калия.

*Происхождение.* Магматический; образуется также при серпентинизации оливиновых пород.

*Спутники.* Серпентин  $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , платина, магнетит, хромовый гранат (уваровит)  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$ , хромовый хлорит, хромовый везувит. В россыпях: платина.

*Месторождения.* В СССР: Гологорское около ст. Хромпик к западу от Свердловска; гора Саранная в Сысертском районе, Кемпирсайское на Южном Урале. За границей: Южная Родезия — в змеевиках и тальковых сланцах; о-ва Новая Каледония и Куба.

*Значение.* Основная хромовая руда.

#### ГРУППА ГАУСМАНИТА

#### 132. Гаусманит $\text{MnMn}_2\text{O}_4$ .

Тетр. с.; вид симм.  $L^4L^2PC$ . Кристаллы в виде квадратных дипирамид; обычно сплошной, зернистый. Характерны двойники (рис. 101), представленные тетрагональными дипирамидами.

Цвет коричневато-черный; черта красновато-бурая. Блеск полуметаллический, просвечивает в тонких пластинках. Сп. ясная по (001). Тв. 5,5. Уд. в. 4,86.

П. п. тр. не плавится. В HCl растворяется с выделением хлора. Крепкая серная кислота окрашивается от порошка гаусманита в розовый цвет.

*Происхождение.* Гидротермальный — в жилах; метасоматический — в доломитах.

*Месторождения.* В СССР: рудник Сапальского на Урале. За границей: Ильфельд в ГДР; Вермланд в Швеции.

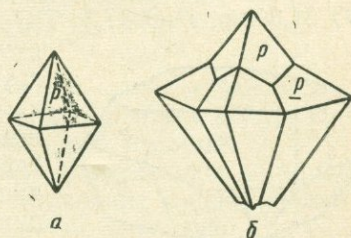


Рис. 101. Гаусманит: а — одиночный кристалл,  $p(111)$ ; б — двойник

#### Окислы типа $R \cdot R^{IV}\text{O}_3$

**133. Перовскит**  $\text{CaTiO}_3$  (CaO 41,1;  $\text{TiO}_2$  58,9). Содержит в небольшом количестве Fe и иногда Na и Ta.

Ромб. с. (псевдокубич.). Кристаллы в виде одиночных хорошо образованных кубов со своеобразной структурой на гранях (рис. 102).

Кристаллическая структура изображена на рис. 103.

Цвет темный до железно-черного, редко медово-желтый и красновато-бурый. Черта у темных разновидностей серая. Блеск алмазный. Сп. совершенная по кубу. Тв. 5,5. Уд. в. 4,0. П. п. тр. не плавится. С фосфорной солью в окислительном пламени дает фиолетовый перл, который в восстановительном пламени обесцвечивается. В кислотах разлагается с трудом.

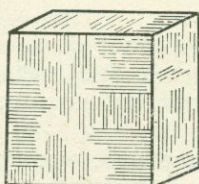


Рис. 102. Перовскит

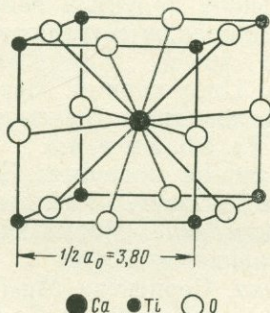


Рис. 103. Структура перовскита

*Разновидности.* Кнопит, содержит до 6%  $\text{Ce}_2\text{O}_3$ . Цвет черный. Встречается в виде кристаллов — кубов и в зернистых массах.

*Происхождение.* Контактново-метаморфический — на контакте тальковых и хлоритовых сланцев с известняком. Минерал редкий.

*Спутники.* Хлорит, магнетит, гранат, везувиан, титанит  $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$ , иногда корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , рутил  $\text{TiO}_2$ , ильменит  $\text{FeTiO}_3$ .

*Месторождения.* Ахматовская и другие копи в Назямских и Шишимских горах на Южном Урале; в алмазоносных кимберлитах Якутии.

**134. Ильменит** (титанистый железняк)  $\text{FeTiO}_3$  (Fe 36,8; Ti 31,6; O 31,6 или FeO 47,3;  $\text{TiO}_2$  52,7). Состав ильменита непостоянен. Fe часто замещается Mg и иногда Mn. Кроме того, группа  $\text{Ti}^{4+}\text{Fe}^{3+}$  замещается  $2\text{Fe}^{3+}$ , в связи с чем наблюдаются переходы от ильменита к железному блеску (базаномеланы). При высоких температурах смесимость ильменита с  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  неограниченная; при понижении температуры происходит распад твердого раствора с выделением избыточного компонента.  $\text{MgTiO}_3$ , напротив, обнаруживает неограниченную смесимость с  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  при относительно низких температурах.

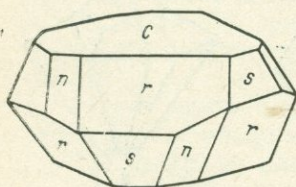


Рис. 104. Ильменит:  
 $c(0001)$ ,  $r(10\bar{1}1)$ ,  $s(02\bar{2}1)$ ,  
 $n(2243)$

Триг. с.; вид симм.  $L_6^3 C$ . Кристаллы представляют собой комбинацию нескольких ромбоэдров и сходны с кристаллами железного блеска; иногда имеют вид тонких табличек (рис. 104); встречаются также сплошные плотные массы.

Кристаллическая структура ильменита аналогична структуре ко-

рунда (и гематита) с тем отличием, что места ионов Al в группировке  $Al_2O_3$  в структуре корунда здесь заняты ионами Fe<sup>2+</sup> и Ti<sup>4+</sup> (сохраняется сумма валентностей).

Цвет минерала железно-черный. Черта черная или буровато-черная. Блеск металлический, либо металлоидный. Сп. нет. Тв. 5—6. Излом раковистый. Уд. в. 5. Немагнитен или слабо магнитен.

П. п. тр. в окислительном конусе не плавится, в восстановительном слегка оплавляются острые углы. Порошок ильменита медленно растворяется в HCl. После кипячения порошка ильменита в  $H_2SO_4$  и прибавления по охлаждению в разбавленный раствор капли перекиси водорода раствор окрашивается в оранжево-желтый цвет.

*Разновидности.* Пикроильменит  $(Fe, Mg)TiO_3$  содержит до 15% MgO. Базаномелан — переходный к железному блеску.

*Происхождение.* Магматический и пневматолитический, часто связан с нефелиновыми сиенитами. Известны россыпи.

*Спутники.* Магнетит  $FeFe_2O_4$ , рутил  $TiO_2$ , сфен  $CaTiO[SiO_4]$ .

*Месторождения.* В СССР: Ильменские горы и Юбрышкин камень на Урале.

*Значение.* Важная титановая руда.

**135. Лопарит**  $(Ce, Na, Ca)(Ti, Nb)O_3$ . Содержит  $Ce_2O_3$  до 19%,  $Na_2O$  до 9%, CaO до 5%,  $TiO_2$  до 39% и  $Nb_2O_5$  до 11%.

Куб. с. Характерны одиночные кристаллы — кубы и двойники прораствания.

Цвет черный. Черта красновато-бурая. Тв. 5,5—6. Уд. в. 4,75—4,89. Сп. нет.

П. п. тр. не плавится. В кислотах, кроме плавиковой, не растворяется.

*Происхождение.* Породообразующий минерал темных богатых эгирином нефелиновых сиенитов и пегматитовых жил.

*Спутники.* Эгирин, эвдиалит  $(Na, Ca)_6Zr(OH, Cl)_2[Si_3O_9]_2$ , нефелин, сфен  $CaTiO[SiO_4]$ , полевые шпаты.

*Месторождения.* В СССР: Кольский полуостров.

### Окислы типа $R \cdot R_2^V O_6$ и др.

(тантало-ниобиевые соединения)

Минералы этого раздела отличаются большой сложностью состава. Преобладают ниобиевые соединения. В последних почти всегда содержатся титан и редкие земли, иногда иттрий, уран и торий.

Химическая природа многих относящихся сюда минералов не вполне выяснена. Во всяком случае прежнее представление о принадлежности их к солям в настоящее время подвергается сомнению.

Минералы твердые, тяжелые. Цвет черный или темный вишнево-красный в тонких просвечивающих кусочках. Блеск сильный, жирный или смолистый. П. п. тр. плавятся с трудом или совсем не плавятся. Кислоты обычно не действуют. Точное определение по внешним признакам весьма затруднительно.

В генетическом отношении минералы ниобия и тантала являются преимущественно минералами пегматитовых жил ранних этапов пегматитового процесса или же встречаются в высокотемпературных грейзенах и в контактовых зонах.

Все минералы этой группы относятся к числу редких, тем не менее практическое их значение велико ввиду важности элементов, которые в них содержатся. Продукты изменения тантало-ниобиевых соединений мало изучены.

#### ГРУППА КОЛУМБИТА—ТАНТАЛИТА

Здесь относятся диморфные ряды колумбита — танталита (ромб. с) и моссита — тапиолита (тетр. с.).

**136. Колумбит**  $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$ .

**137. Танталит**  $(\text{Mn}, \text{Fe})(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$ .

В колумбитах преобладает ниобий, в танталитах — тантал; первые богаче железом, вторые — марганцем. В качестве примесей могут присутствовать  $(\text{Y}, \text{Ce})_2\text{O}_3$  и  $(\text{UO}_2 + \text{UO}_3)$ .

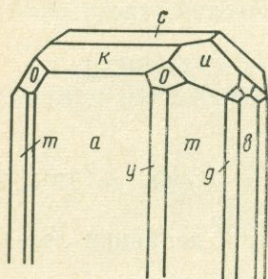


Рис. 105. Колумбит:  
*a*(100), *b*(010), *c*(001),  
*y*(210), *m*(110), *g*(230),  
*k*(103), *u*(133), *o*(111)

Кристаллы призматические и в виде пластинок (рис. 105), иногда тонкопластинчатые.

По структуре напоминают брукит  $\text{TiO}_2$ . Цвет черный с серым или красноватым оттенком. Блеск полуметаллический. Сп. довольно ясная по (100). Тв. 6. Уд. в. 5,3—8,3 (у колумбитов меньше).

П. п. тр. не плавятся. Кислоты действуют слабо, особенно на танталит.

*Происхождение.* Встречаются в гранитных пегматитах. Танталит более редок.

*Спутники.* Топаз  $\text{Al}_2\text{F}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$ , монацит  $\text{CePO}_4$ , берилл  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ , фосфаты Mn и Fe, альбит  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , лепидолит, касситерит  $\text{SnO}_2$ , мусковит, сподумен  $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , розовый турмалин и др.

*Значение.* Важная руда на ниобий и тантал.

Компоненты ряда моссита — моссит  $\text{FeNb}_2\text{O}_6$ , тапиолит  $\text{FeTa}_2\text{O}_6$ , иксиолит  $\text{MnTa}_2\text{O}_6$  — в чистом виде в природе не известны. Встречаются тапиолиты с большим преобладанием FeO над MnO и  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  над  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ .

**138. Тапиолит**  $\text{FeTa}_2\text{O}_6$  содержит до 84,44%  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  при теоретическом содержании 86,01%. Примесь  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  наблюдалась в количестве не выше 11,22%.

Структура сходна со структурой рутила. Кристаллы нередко удлиненные.

Цвет черный. Черта черно-бурая. Сп. нет. Тв. 6—6,5. Уд. в. около 7,9.

П. п. тр. не плавится. Кислоты не действуют. Минерал редкий. Встречается в гранитных пегматитах Норвегии в сопровождении минералов, указанных выше для колумбита и танталита.

По внешним признакам и физическим свойствам с тапиолитом сходен моссит  $\text{FeNb}_2\text{O}_6$ .

#### ГРУППА ПИРОХЛОРА

**139. Пирохлор**  $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6(\text{F}, \text{OH}, \text{O})$ .

**140. Микролит**  $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Ta}, \text{Ti})_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$ .

Состав этих минералов в действительности значительно более сложен, чем это показывают приведенные формулы. Некоторые различия

пирохлора обнаруживают до 11%  $TiO_2$ , до 5%  $ThO_2$ , до 12%  $Ce_2O_3$ , до 19%  $(UO_2 + UO_3)$ , до 5%  $ZrO_2$ , до 10% и более  $H_2O$ , особенно в разностях с большим содержанием урана.

Куб. с. Кристаллы в виде октаэдров; кристаллы микролита очень мелки, но иногда до 6,5 см. Встречаются также сплошные зернистые массы.

Цвет красновато-бурый до желтого. Черта бурая. Блеск сильный алмазный. Слегка просвечивает. Тв. 5—5,5. Уд. в. от 3,8 (наиболее водные разности) до 6,4 (микролиты, богатые Та).

П. п. тр. не плавятся. Пирохлор при прокаливании тлеет. HCl почти не действует. Разлагаются при кипячении в концентрированной  $H_2SO_4$ , причем пирохлор легче, чем микролит. Разбавленный сернокислый раствор в случае пирохлора в присутствии металлического олова окрашивается в синий цвет (реакция на Nb). В случае микролита этого не наблюдается.

*Разновидности.* Гатчеттолит и эльсвортит — разновидности пирохлора с большим содержанием урана и  $TiO_2$ . Хальколамприт — обнаруживает иризацию на гранях кристалла; содержит много  $SiO_2$ , связанного с тонкорассеянной механической примесью эгирина.

*Происхождение.* Пирохлор преимущественно встречается в пегматитах щелочной магмы, микролит — в пегматитах гранитного типа; в грейзенах и карбонатитах.

*Спутники.* Для пирохлора: нефелин (элеолит)  $Na[AlSiO_4]$ , калиевый полевой шпат, эгирин  $NaFe^{3+}[Si_2O_6]$ , циркон  $Zr[SiO_4]$ , апатит  $Ca_5(F, Cl)[PO_4]_3$ , ильменит  $FeTiO_3$ , магнетит  $FeFe^{2+}O_4$ , перовскит  $CaTiO_3$ . Для микролита: альбит  $Na[AlSi_3O_8]$ , монацит  $CePO_4$ , танталит  $(Fe, Mn)(Ta, Nb)_2O_6$ , колумбит  $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$ , лепидолит, розовый турмалин, флюорит  $CaF_2$ , топаз  $Al_2F_2[SiO_4]$ .

*Месторождения.* За границей: в Швеции и Норвегии — в нефелиновых сиенитах и контактово-метаморфических известняках; пегматиты США, в штатах Коннектикут, Виргиния (крупные кристаллы микролита) и др.

*Значение.* Важный промышленный минерал на Nb, Та, отчасти на уран.

**141. Бетафит**  $(U, Ca)(Nb, Ta, Ti)_2(O, OH)_7$  (?). Содержит до 27%  $UO_3$ , до 37%  $Nb_2O_5$ , до 15%  $TiO_2$ .

Куб. с. Кристаллы — октаэдры, иногда уплощенные по (011); также зернистые массы.

Цвет зеленовато-бурый до желтого или черный. Блеск жирный. Тв. 4—5,5. Уд. в. 3,7—5.

П. п. тр. с трудом сплавляется в черный шлак. Частично разлагается в кислотах.

*Разновидности.* Менделеевит — кальциевый бетафит, содержит до 13,5% CaO, до 14%  $TiO_2$ , до 27%  $U_3O_8$ , до 37%  $Nb_2O_5$ , до 4%  $Ta_2O_5$ . Самиресит, отличается высоким содержанием  $PbO$ , до 9,35%. Бломстрандит, содержит по сравнению с обычным бетафитом больше  $Nb_2O_5$  и меньше  $TiO_2$  и  $U_3O_8$ .

*Происхождение.* Минерал пегматитов гранитного типа.

*Спутники.* Эвксенит, ортит, монацит  $CePO_4$ , циркон  $Zr[SiO_4]$ , иногда берилл  $Be_3Al_2(Si_6O_{18})$ , колумбит  $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$ , магнетит  $FeFe_2O_4$ .

*Месторождения.* За границей: пегматиты Норвегии и Мадагаскара.

ГРУППА ЭВКСЕНИТА—ПРИОРИТА

142. Эвксенит (Y, Ce, Ca, U, Th) (Nb, Ta, Ti)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>.

143. Поликраз (Y, Ce, Ca, U, Th) (Ti, Nb Ta)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>.

Ромб. с. Кристаллы призматические, уплощенные (рис. 106), часто образуют слегка лучистые агрегаты.

Цвет черный, иногда с зеленоватым или буроватым оттенком.

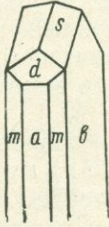


Рис. 106. Поликраз:  
a(100), b(010), m(110),  
d(201), s(111)

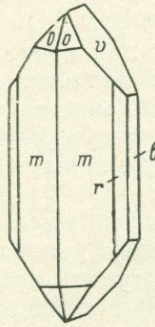


Рис. 107. Эшинит:  
b(010), m(110), r(120),  
v(021), o(111)

Блеск полуметаллический до стеклянного. Черта желтоватая до красноватобурой или серая. Тв. 5,5—6,5. Уд. в. 5—5,9.

П. п. тр. не плавятся. Светлеют в результате прокаливания. Более или менее полностью разлагаются при нагревании в концентрированных кислотах: HCl, HF и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

*Происхождение.* Встречается в пегматитах гранитного типа.

*Спутники.* Биотит, мусковит, ильменит FeTiO<sub>3</sub>, монацит CePO<sub>4</sub>, ксенотим YPO<sub>4</sub>, циркон Zr[SiO<sub>4</sub>], берилл Be<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>[Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>].

144. Эшинит (Ce, Ca, Th) (Ti, Nb)<sub>2</sub>O<sub>6</sub>.

145. Приорит (Y, Er, Ca, Th) (Ti, Nb)<sub>2</sub>O<sub>6</sub> = блонстрандин.

Различаются по содержанию (Y, Er)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: в эшинитах до 7%, в приорите до 30%.

Ромб. с. Кристаллы призматические удлиненные, грубо исстрихованы вдоль (рис. 107). Кристаллы эшинита из пегматитов Ильменских гор на Урале часто изогнуты и разломаны; нередко содержат вросстки полевого шпата.

Цвет черный до буровато-черного. Черта серая и желтовато-бурая. Блеск жирный, смолистый. Тв. 5—6. Уд. в. 4,93—5,23.

П. п. тр. не плавятся, но вспучиваются и желтеют. HCl не действует. В H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> частично разлагаются. При прокаливании в закрытой трубке выделяют в небольшом количестве воду.

*Происхождение.* Минералы пегматитовых жил: эшинит — щелочных пегматитов, приорит — пегматитов гранитной магмы.

*Спутники.* Эшинита: нефелин (элеолит) Na[AlSiO<sub>4</sub>], ортоклаз K[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>], циркон Zr[SiO<sub>4</sub>], самарскит; приорита: эвксенит, циркон, монацит CePO<sub>4</sub>, ксенотим YPO<sub>4</sub>, ортит и другие минералы редких земель.

*Месторождения.* За границей: пегматиты юго-западной части Норвегии; многочисленные пегматиты о. Мадагаскар.

ГРУППА ФЕРГЮСОНИТА

146. Фергюсонит (Y, Er, Ce, U, Fe) (Nb, Ta, Ti)O<sub>4</sub>. Содержит до 40% (Y, Er)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, кроме того до 48% (Nb, Ta)<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и до 7% (UO<sub>2</sub>+UO<sub>3</sub>).

Терр. с.; вид симм. L<sup>4</sup>PC. Кристаллы удлиненные, иногда веретеновидные, чаще в виде зерен, вкрапленных в кварце.

Цвет темно-коричневый. Черта светло-бурая. Блеск на свежем изломе жирный, на выветрелой поверхности матовый. Просвечивает в тонких краях. Сп. нет. Тв. 5,5—6. Хрупкий. Уд. в. 4,17—6,24.

П. п. тр. внезапно раскаляется. Серная кислота разлагает порошок фергюсонита с выделением белого осадка  $(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5$ , при нагревании раствора с оловом появляется голубая окраска.

*Разновидности.* Ризорит — отличается высоким содержанием Ti — до 6%; уд. в. 4,17. Сипилит — разновидность богатая  $\text{Er}_2\text{O}_3$ ; особенно сильно раскаляется при нагревании и лучше растворяется в кислотах.

*Происхождение.* Встречается в пегматитовых жилах, иногда в составе грейзенов, в кварце.

*Спутники.* Биотит, магнетит, циркон  $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ , монацит  $\text{CePO}_4$ , ортит, гадолинит  $\text{Y}_2\text{FeBe}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$ , эвксенит  $(\text{Y}, \text{Ca}, \text{Ce}, \text{U}, \text{Th})(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})_2\text{O}_6$  и другие редкоземельные минералы.

*Месторождения.* За границей: пегматиты Южной Норвегии, Иттерби в Швеции; пегматиты Мадагаскара.

**147. Иттротанталит**  $(\text{Fe}, \text{Y}, \text{Ce}, \text{U}, \text{Ca})(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Zr}, \text{Sn})\text{O}_4$ . Содержит около 16%  $(\text{Y}, \text{Er})_2\text{O}_3$ , до 4,5%  $\text{UO}_2$ , около 20%  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  и до 40%  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ .

Ромб. с. Кристаллы короткопризматические и таблитчатые, плохо образованы; иногда сплошные массы.

Цвет черный, бурый, желтый. Черта серая. Слабо просвечивает и непрозрачный.

Неплавкий. В закрытой трубке выделяет воду и желтеет. Кислотами не разлагается.

Минерал очень редкий. Встречается в пегматитах Норвегии и Швеции.

**148. Стибиоколумбит**  $\text{Sb}(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_4$ .

**149. Стибиотанталит**  $\text{Sb}(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_4$ .

Содержание  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  колеблется от 52,31 ( $\text{SbNbO}_4$ ) до 39,76% ( $\text{SbTaO}_4$ ) и соответственно  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  от 47,69 до 0 и  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  от 0 до 60,24%.

Ромб. с. Кристаллы призматические, иштрихованы параллельно (001).

Цвет темно-бурый до желтовато-бурого. Черта буровато-желтая. Блеск алмазный. Просвечивают. Тв. 5,5. Уд. в. 5,98—7,34 (у стибиотанталитов выше).

П. п. тр. плавятся. Легко растворяются в HF, но HCl, HNO<sub>3</sub> и кипящая H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> заметного действия не производят.

Минералы очень редкие. Встречаются в пегматитах с розовым бериллом, лепидолитом, розовым турмалином, колумбитом, альбитом, касситеритом.

**150. Бисмутотанталит**  $\text{Bi}(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_4$ . Содержит до 52,5%  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , до 41%  $\text{Ta}_2\text{O}_3$  и до 15%  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ .

Ромб. с. Кристаллы призматические, крупные, несовершенные.

Цвет смоляно-черный. Черта черная. Блеск металлический. Сп. нет. Тв. 5. Уд. в. 8,03—8,44.

Из кислот растворим только в HF. Известен в пегматитах Уганды в Африке с черным турмалином и крупными пластинами дымчатого мусковита. Очень редок.

**151. Самарскит**  $(Y, Er, Ce, U, Ca, Th)_4[(Nb, Ta, Ti, Sn)_2O_7]_3$ .

В составе самарскита до 20%  $(Y, Er)_2O_3$ , до 17%  $(UO_2+UO_3)$ , до 37,5%  $Nb_2O_5$ , до 27%  $Ta_2O_5$ .

Ромб. с. Кристаллы призматические и таблитчатые (рис. 108), иногда нарастают друг на друга; чаще каплевидные включения в полево шпате.

Цвет смоляно-черный. Черта темная красновато-бурая. Блеск жирный. Сп. нет. Излом раковистый. Тв. 5—6. Уд. в. 5,6—5,8.

П. п. тр. сплавляется по краям в черное стекло. В кислотах разлагается с трудом. При нагревании в закрытой трубке растрескивается, светится. С содой обычно дает реакцию на марганец.

*Происхождение.* Встречается в пегматитах гранитного типа.

*Спутники.* Монацит  $CePO_4$ , циркон  $Zr[SiO_4]$ , биотит, уранинит  $UO_2$ , эшнит, колумбит  $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$ , магнетит  $FeFe_2O_4$ , топаз  $Al_2F_2[SiO_4]$ , альбит  $Na[AlSi_3O_8]$ , берилл  $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$ , гранат  $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$ .

*Месторождения.* За границей — пегматиты Норвегии и США.

**152. Торолит**  $SnTa_2O_7$  ( $SnO_2$  22,41;  $Ta_2O_5$  77,59).

Мон. с. Кристаллы призматические, несовершенные.

Цвет бурый. Черта желтая. Блеск алмазный. Просвечивает в тонких осколках. Тв. 6. Уд. в. 7,6—7,9. Очень редок. Встречается с касситеритом в пегматитах Катанги, Республика Заир.

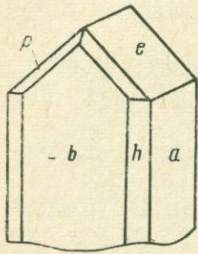


Рис. 108. Самарскит  $a(010)$ ,  $b(100)$ ,  $h(120)$ ,  $p(111)$ ,  $c(011)$

## СИЛИКАТЫ

Силикаты — важнейшие породообразующие минералы. Число силикатов около 800. По массе на их долю приходится до 80% земной коры. Химический состав в большинстве сложный. Главные компоненты Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, иногда Mn, Ti, B, а также Zr, Li, OH, F и некоторые другие.

В нижеприведенной классификации силикаты в основном расположены по типам их рентгеноструктур. Установлено, что в структуре каждого силиката кремний находится в центрах тетраэдров, вершины которых обозначены кислородами. Кремнекислородный тетраэдр является основной группировкой атомов Si и O в структуре силикатов, самые же типы структур находятся в зависимости от того, как сочленяются между собой кремнекислородные тетраэдры.

Различают следующие структурные типы силикатов.

**I. Островные.** К ним относятся:

**A. Силикаты с изолированными тетраэдрами и группами тетраэдров.**

Ортосиликаты — кремнекислородные тетраэдры не имеют общих кислородов, их связь осуществляется через посредство других атомов. В химической формуле силикатов этого типа можно выделить группировку  $[SiO_4]^{4-}$ , т. е. радикал ортокремневой кислоты  $H_4[SiO_4]$ , отсюда их название «ортосиликаты» (рис. 109, а).

Диортосиликаты — от предыдущих отличаются тем, что в их структуре наблюдаются обособленные пары кремнекислородных тетраэдров, имеющие по одному общему кислороду  $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$  (см. рис. 109, б).

**Б. Силикаты с кольцевыми анионными радикалами.**

Кольцевые силикаты отличаются наличием обособленных кольцевых группировок из трех, четырех или шести тетраэдров. Их радикалы соответственно  $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$ ,  $[\text{Si}_4\text{O}_9]^{8-}$ ,  $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$  (см. рис. 109, в, з).

**II. Цепочечные.** Структуры этих силикатов представляют собой обособленные непрерывные цепочки, в которых у каждого тетраэдра по два общих кислорода (рис. 110). Радикал структуры  $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$ .

**III. Ленточные.** Имеют структуру типа обособленных непрерывных лент или поясов, представляющих собой сдвоенные цепочки (рис. 111). Радикал для этого типа силикатов  $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$ .

**IV. Листовые.** Кремнекислородные тетраэдры соединяются друг с другом, образуя листы, обособленные в том же смысле, что и в случае двойных, кольцевых и других группировок (рис. 112). Радикал  $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$ .

**V. Каркасовые.** Кислороды всех тетраэдров являются общими (рис. 113). В чистой структуре этого типа, очевидно, не будет свободных валентностей, которые позволили бы войти в структуру другим атомам. Именно такому случаю отвечает структура кварца. Вхождение других атомов становится возможным, когда кремний в центрах тетраэдров частично замещается алюминием или в некоторых случаях — железом. Каждое замещение четырехвалентного кремния трехвалентным алюминием вызовет появление одной свободной валентности. В этом случае радикал структуры будет  $[\text{Al}_m\text{Si}_n\text{O}_{2(m+n)}]^{m-}$ .

Замена кремния алюминием и железом имеет место главным образом в структурах каркасового типа и отчасти в листовых и кольцевых силикатах.

Кроме перечисленных структур, наблюдаются смешанные структуры, например  $[\text{SiO}_4/\text{Si}_2\text{O}_7]$ .

На примере силикатов можно подметить тесную связь между структурой и физическими свойствами минералов. Так, например, минералы листовой структуры отличаются весьма совершенной спайностью; волокнистое сложение свойственно минералам ленточной структуры; большие показатели преломления связаны с плотностью упаковки атомов в данной структуре и т. д.

По происхождению силикаты в большинстве своем эндогенные ми-

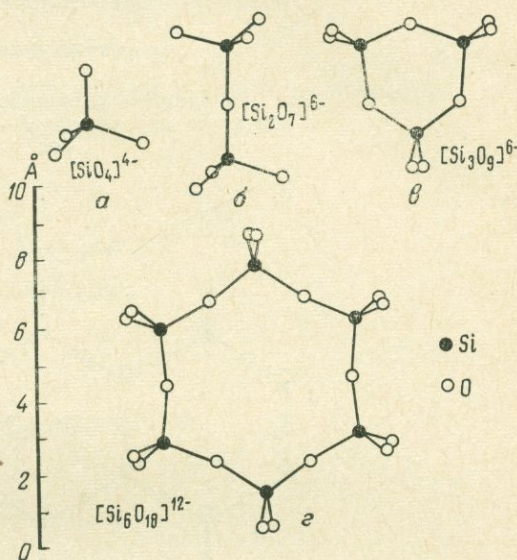


Рис. 109. Обособленные кремнекислородные группы в структуре силикатов: 1 — кремний, 2 — кислород

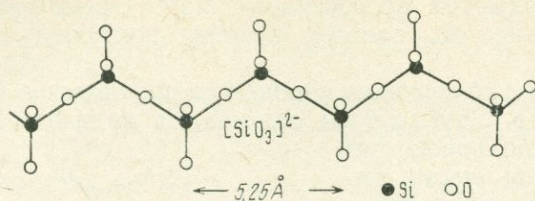


Рис. 110. Цепочка кремнекислородных тетраэдров в структуре пироксенов: 1 — кремний, 2 — кислород

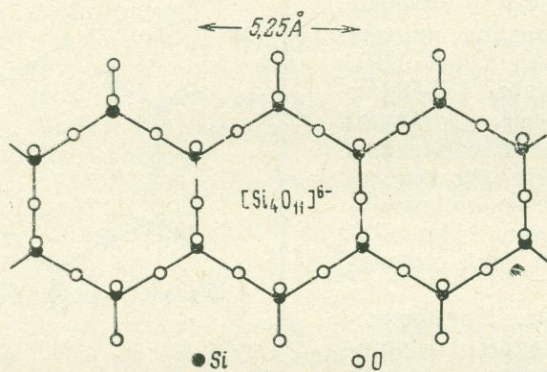


Рис. 111. Лента кремнекислородных тетраэдров в структуре амфиболов: 1 — кремний, 2 — кислород

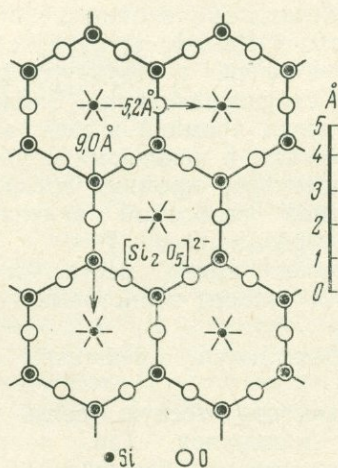


Рис. 112. Лист кремнекислородных тетраэдров в структуре талька

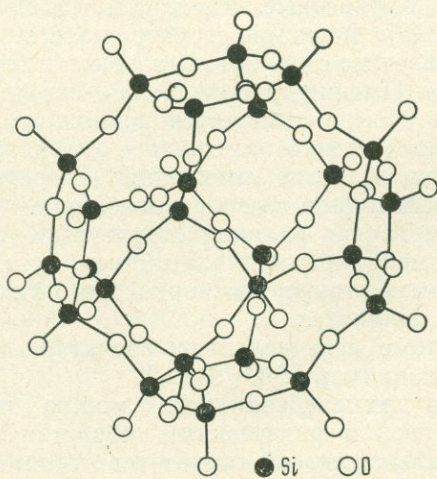


Рис. 113. Каркас из кремнекислородных тетраэдров в структуре циркона: 1 — кремний, 2 — кислород

нералы и минералы кристаллических сланцев. Гипергенные силикаты образуются преимущественно при выветривании других силикатов.

Многие минералы этого класса находят применение благодаря их ценным свойствам или как руды Be, Zr, Li и редких земель.

## КЛАССИФИКАЦИЯ СИЛИКАТОВ

### 1. ОСТРОВНЫЕ СИЛИКАТЫ

#### А. СИЛИКАТЫ С ИЗОЛИРОВАННЫМИ ТЕТРАЭДРАМИ И ГРУППАМИ ТЕТРАЭДРОВ

##### *Группа фенакита*

Фенакит  $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$   
Виллемит  $\text{Zn}_2[\text{SiO}_4]$   
Эвкрипитит  $\text{LiAl}[\text{SiO}_4]$

##### *Группа оливина*

Форстерит  $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$   
Оливин  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$   
Фаялит  $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$   
Кнебелит  $(\text{Mn}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$   
Тефроит  $\text{Mn}_2[\text{SiO}_4]$   
Монтichelлит  $\text{CaMg}[\text{SiO}_4]$

##### *Группа гумита*

Норбергит  $\text{Mg}_3(\text{OH}, \text{F})_2[\text{SiO}_4]$   
Хондродит  $\text{Mg}_5(\text{OH}, \text{F})_2[\text{SiO}_4]_2$   
Гумит (клиногумит)  $\text{Mg}_9(\text{OH}, \text{F})_2[\text{SiO}_4]_4$

##### *Группа граната*

Пироп  $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$   
Гроссуляр  $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$   
Анрадит  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$   
Уваровит  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$   
Спессартин  $\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$   
Альмандин  $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$

##### *Группа циркона*

Циркон  $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$   
Торит  $\text{Th}[\text{SiO}_4]$

##### *Группа уранофана*

Соддиит  $\text{U}_2\text{O}_4[\text{SiO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
Склодовскит  $\text{MgU}_2^{\text{IV}}(\text{OH})_6[\text{SiO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
Уранофан  $\text{CaU}_2^{\text{IV}}(\text{OH})_6[\text{SiO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
Казолит  $\text{PbUO}_2[\text{SiO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$   
Гуммит (смесь кюрита и соддиита)

##### *Группа топаза—андалузита*

Топаз  $\text{Al}_2(\text{F}, \text{OH})_2[\text{SiO}_4]$   
Андалузит  $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$   
Дистен  $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$   
Ставролит  $2\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4] \cdot \text{Fe}(\text{OH})_2$

*Группа дюмортьерита*

Дюмортьерит  $\text{Al}_7[\text{BO}_3]\text{O}_3[\text{SiO}_4]_3$

*Группа титанита*

Титанит  $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$

*Группа данбурита*

Данбурит  $\text{CaB}_2[\text{SiO}_4]_2$

*Группа датолита*

Датолит  $\text{CaB}(\text{OH})[\text{SiO}_4]$

*Группа арандизита*

Арандизит  $\text{Sp}_5(\text{OH})_8[\text{SiO}_4]$

*Группа тортвейтита—каламина*

Тортвейтит  $(\text{Sc}, \text{Y})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$

Таленит  $\text{Y}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$

Каламин  $\text{Zn}_4(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$

*Группа везувиана*

Везувиан  $\text{Ca}_{10}\text{Al}_4(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{OH}, \text{F})_4[\text{SiO}_4]_5[\text{Si}_2\text{O}_7]_2$

*Группа эпидота*

Цоизит  $\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$

Клиноцоизит  $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$

Эпидот  $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$

Ортит  $(\text{Ca}, \text{Ce})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$

*Группа ильваита*

Ильваит  $\text{CaFe}_2 \cdot \text{Fe}^{\text{III}}\text{O}(\text{OH})[\text{Si}_2\text{O}_7]$

*Группа ринколита — лампрофиллита*

Ринколит и ловчоррит  $\text{Na}_2\text{Ca}_4\text{CeTiOF}_3[\text{Si}_2\text{O}_7]_2$

Лампрофиллит  $\text{SrNa}_3\text{Ti}_3\text{O}_2\text{F}[\text{Si}_2\text{O}_7]$

Астрофиллит  $(\text{K}_2, \text{Na}_2, \text{Ca})(\text{Ce}, \text{Mn}, \text{Fe})_4(\text{Ti}, \text{Zr})(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2$

**Б. СИЛИКАТЫ С КОЛЬЦЕВЫМИ АНИОННЫМИ РАДИКАЛАМИ**

*Группа аширита*

Аширит (диоптаз)  $\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

*Группа берилла*

Берилл  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$

*Группа кордиерита*

Кордиерит  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$

*Группа турмалина*

Турмалин  $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Li}, \text{Mg}, \text{Al})_3(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mn})_6(\text{OH})_4[\text{BO}_3]_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$

*Группа аксинита*

Аксинит  $\text{Ca}_2(\text{Mn}, \text{Fe})\text{Al}_2(\text{OH})[\text{BO}_3][\text{Si}_4\text{O}_{12}]$

*Группа катаплеита*

Катаплеит  $(\text{Na}_2, \text{Ca}) [\text{Zr}(\text{Si}_3\text{O}_9)] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

*Группа эвдиалита*

Эвдиалит  $\text{Na}_4\text{Ca}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9]_2$

II. ЦЕПОЧЕЧНЫЕ СИЛИКАТЫ

*Группа силлиманита*

Силлиманит  $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$

*Группа пироксенов*

1) Ромбические пироксены

Энстатит  $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Бронзит  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Гиперстен  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$

2) Моноклинные пироксены

Диопсид  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Геденбергит  $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Диаллаг — промежуточный между геденбергитом и авгитом

Авгит  $(\text{Ca}, \text{Na}) (\text{Mg}, \text{Fe}^{\cdot\cdot}, \text{Fe}^{\cdot\cdot\cdot}, \text{Al}) [(\text{Al}, \text{Si})_2\text{O}_6]$

Сподумен  $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Жадеит  $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Эгирин  $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

*Группа энigmatита*

Энигматит  $\text{Na}_2\text{Fe}_5\text{O}_2[\text{Ti}(\text{Si}_2\text{O}_6)]$

*Группа пироксеноидов*

Родонит  $\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$

Волластонит  $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$

Пектолит  $\text{Na}(\text{Ca}, \text{Mn})_2[\text{Si}_3\text{O}_8(\text{OH})]$

*Группа стокезита*

Стокезит  $\text{CaSn}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

III. ЛЕНТОЧНЫЕ СИЛИКАТЫ

*Группа амфиболов*

1) Ромбические амфиболы

Антофиллит  $(\text{Mg}, \text{Fe})_7(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$

2) Моноклинные амфиболы

Тремолит  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$

Актинолит  $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$

Грюнерит  $\text{MgFe}_6(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$

Роговые обманки  $(\text{Ca}, \text{Na})_m(\text{Mg}, \text{Fe}^{\cdot\cdot}, \text{Fe}^{\cdot\cdot\cdot}, \text{Al})_n(\text{OH})_2[(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{11}]_2$

где  $m+n=7$

### 3) Щелочные роговые обманки

Рибекит  $\text{Na}_2\text{Fe}_3 \cdot \text{Fe}_2 \cdot (\text{OH})_2 [\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$   
Арфведсонит  $(\text{Ca}, \text{Na})_3 (\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al})_4 (\text{OH})_2 [(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{11}]_2$   
Рихтерит  $(\text{Ca}, \text{Mn}, \text{K}, \text{Na})_3 \text{Mg}_4 (\text{OH})_2 [(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{11}]_2$   
Глаукофан  $(\text{Ca}, \text{Na})_3 (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_4 (\text{OH})_2 [(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{11}]_2$

## IV. ЛИСТОВЫЕ СИЛИКАТЫ

### Группа талька — пиррофиллита

Тальк  $\text{Mg}_3 (\text{OH})_2 [\text{Si}_4\text{O}_{10}]$   
Пиррофиллит  $\text{Al}_2 (\text{OH})_2 [\text{Si}_4\text{O}_{10}]$

### Группа слюд

#### 1) Обыкновенные слюды

Парагонит  $\text{NaAl}_2 (\text{OH}, \text{F})_2 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$   
Мусковит  $\text{KAl}_2 (\text{OH}, \text{F})_2 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$   
Флогопит  $\text{KMg}_3 (\text{OH}, \text{F})_2 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$   
Биотит  $\text{K} (\text{Fe}, \text{Mg})_3 (\text{OH}, \text{F})_2 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

#### 2) Литиевые слюды

Циннвальдит  $\text{KLiFe} \cdot \text{Al} (\text{F}, \text{OH})_2 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$   
Лепидолит  $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5} (\text{OH}, \text{F})_2 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

### Группа гидрослюд

Гидромусковит  $(\text{K}, \text{H}_3\text{O}) \text{Al}_2 (\text{OH})_2 [(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$   
Гидробиотит  $(\text{K}, \text{H}_3\text{O}) (\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3 (\text{OH})_2 [(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$   
Вермикулит  $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})_3 (\text{OH})_2 [(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
Глауконит  $\text{K}_{<1} (\text{Fe}^{2+}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mg})_{2-3} (\text{OH})_2 [\text{Si}_3 (\text{Si}, \text{Al})\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$

### Группа хлоритоидов

Маргарит  $\text{CaAl}_2 (\text{OH})_2 [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$   
Хлоритоид  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2 \text{Al}_2 (\text{OH})_4 [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$

### Группа пренита

Пренит  $\text{Ca}_2\text{Al} (\text{OH})_2 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

### Группа хлоритов

#### 1) Обыкновенные хлориты (ортохлориты)

Пеннин  $(\text{Mg}, \text{Fe})_5 \text{Al} (\text{OH})_8 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$   
Клинохлор  $(\text{Mg}, \text{Fe})_{4,75} \text{Al}_{1,25} (\text{OH})_8 [\text{Al}_{1,25}\text{Si}_{2,75}\text{O}_{10}]$   
Прохлорит  $(\text{Mg}, \text{Fe})_{4,5} \text{Al}_{1,5} (\text{OH})_8 [\text{Al}_{1,5}\text{Si}_{2,5}\text{O}_{10}]$   
Амезит  $(\text{Mg}, \text{Fe})_4 \text{Al}_2 (\text{OH})_8 [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$

#### 2) Железистые хлориты

Дафнит  $\text{Fe}_4 \text{Al}_2 (\text{OH})_8 [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$   
Шамозит  $\text{Fe}_4 \text{Al} (\text{OH})_6 [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$   
Тюрингит  $\text{Fe}_{3,5} (\text{Al}, \text{Fe})_{1,5} (\text{OH})_6 [\text{Al}_{1,5}\text{Si}_{2,5}\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$

#### 3) Хромовые хлориты

Кеммерерит  $\text{Mg}_5 \text{Cr} (\text{OH})_8 [\text{CrSi}_3\text{O}_{10}]$

*Группа серпентина — каолинита*

1) Подгруппа серпентина

Серпентин  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$   
Хризотил-асбест  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$   
Ревдинскит  $(Ni, Mg)_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$   
Палыгорскит  $Mg_5(H_2O)_4(OH)_2[Si_4O_{10}] \cdot 4H_2O$   
Хризоколла  $Si_3(OH)_2[Si_4O_{10}] \cdot nH_2O$

2) Подгруппа каолинита

Каолинит  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$   
Диккит  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$   
Накрит  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$

*Группа галлуазита*

Керолит  $Mg_4(OH)_4[Si_4O_{10}] \cdot 4H_2O$   
Галлуазит  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}] \cdot 4H_2O$   
Метагаллуазит  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$   
Гарниерит  $Ni_4(OH)_4[Si_4O_{10}] \cdot 4H_2O$

*Группа монтмориллонита*

Сапонит  $Mg_3(OH)_4[Si_4O_8(OH)_2] \cdot nH_2O$   
Бейделлит  $Al_2(OH)_4[Si_4O_8(OH)_2] \cdot nH_2O$   
Монтмориллонит  $Mg_3(OH)_4[Si_4O_8(OH)_2] \cdot nH_2O$   
Нонтронит  $(Fe, Al)_2[Si_4O_8(OH)_2] \cdot nH_2O$   
Соконит  $Zn_3(OH)_4[Si_4O_8(OH)_2] \cdot nH_2O$   
Волконскоит  $(Mg, Ca, Sr, Al)_3(OH)_2[Si_4O_{10}] \cdot nH_2O$

*Группа аллофана*

Аллофан  $mAl_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot pH_2O$   
Болюс — смесь галлуазита с гидратом окиси железа  
Гизингерит  $mFe_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot pH_2O$

*Группа апофиллита*

Апофиллит  $KCa_4F[Si_4O_{10}]_2 \cdot 8H_2O$

V. КАРКАСОВЫЕ СИЛИКАТЫ

A. ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ

1) Натриево-кальциевые полевые шпаты (плагноклазы)

Альбит  $Na[AlSi_3O_8] = Ab$   
Олигоклаз  $Ap$  10—30 %  
Андезин  $Ap$  30—50 %  
Лабрадор  $Ap$  50—70 %  
Битовнит  $Ap$  70—90 %  
Анортит  $Ca[Al_2Si_2O_8] = An$

2) Калиевые полевые шпаты

Ортоклаз  $K[AlSi_3O_8]$   
Санидин  $K[AlSi_3O_8]$   
Микроклин  $K[AlSi_3O_8]$   
Анортоклаз  $(Na, K)[AlSi_3O_8]$

3) Калиево-бариевые полевые шпаты

Гиалофан  $mK[AlSi_3O_8] \cdot nBa[Al_2Si_2O_8]$ , где  $m > n$

Цельзиан  $mK[AlSi_3O_8] \cdot nBa[Al_2Si_2O_8]$ , где  $n > m$

Б. ФЕЛЬДШПАТИДЫ

*Группа лейцита*

Анальцим  $Na[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$

Лейцит  $K[AlSi_2O_6]$

Поллуцит  $(Cs, Na)[AlSi_2O_6] \cdot nH_2O, n < 1$

*Группа петалита*

Петалит  $(Li, Na)[AlSi_4O_{10}]$

*Группа нефелина*

Нефелин  $KNa_3[AlSiO_4]_4$

*Группа канкринита*

Канкринит  $Na_6Ca(CO_3, SO_4)[AlSiO_4]_6 \cdot 3H_2O$

*Группа содалита*

Содалит  $Na_8Cl_2[AlSiO_4]_6$

Нозеан  $Na_8(SO_4)[AlSiO_4]_6$

Гаюин  $Na_6Ca_2(SO_4)_2[AlSiO_4]_6$

Лазурит  $Na_6Ca_2(S, SO_4)[AlSiO_4]_6$

*Группа гельвина—даналита*

Гельвин  $Mn_4S[BeSiO_4]_3$

Даналит  $(Fe, Zp, Mn)_4S[BeSiO_4]_3$

В. СКАПОЛИТЫ

*Группа маршалита — мейонита*

Маршалит  $Na_4Cl[AlSi_3O_8]_3 = Ma$

Дипир  $Ma_8Me_2$  до  $Ma_5Me_5$

Мицционит  $Ma_5Me_5$  до  $Ma_2Me_8$

Мейонит  $Ca_4(Cl_2, SO_4, CO_3)[Al_2Si_2O_8]_3 = Me$

Г. ЦЕОЛИТЫ

*Группа натролита*

Натролит  $Na_2[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 2H_2O$

Сколецит  $Ca[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 3H_2O$

*Группа шабазита*

Шабазит  $(Ca, Na_2)[Al_2Si_4O_{12}] \cdot 6H_2O$

Гмелинит  $(Na_2, Ca)[Al_2Si_4O_{12}] \cdot 6H_2O$

*Группа гейландита — десмина*

Гейландит  $(Ca, Na_2, Sr)[Al_2Si_6O_{16}] \cdot 5H_2O$

Десмин  $(Na_2, Ca)[Al_2Si_6O_{16}] \cdot 6H_2O$

## Группа гармотома

Гармотом  $(\text{Ba}, \text{K}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_5\text{O}_{14}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   
Филлипсит  $(\text{Ca}, \text{K}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 4,5\text{H}_2\text{O}$

## I. ОСТРОВНЫЕ СИЛИКАТЫ

### А. Силикаты с изолированными тетраэдрами и группами тетраэдров

#### ГРУППА ФЕНАКИТА

**153. Фенакит**  $\text{Be}_2(\text{SiO}_4)$  ( $\text{BeO}$  45,55;  $\text{SiO}_2$  54,45).

Триг. с.; вид симм.  $L_6^3$  С. Кристаллы ромбоэдрические, реже призматические, укороченные (рис. 114).

Кристаллическая структура состоит из обособленных кремнекислородных тетраэдров, связанных через посредство ионов бериллия таким образом, что образуются, в свою очередь, бериллиево-кислородные тетраэдры.

Бесцветный, иногда красноватый или коричневый. Излом раковистый. Блеск стеклянный. Сп. неясная. Тв. 7,5—8. Уд. в. 2,97—3,0. Напоминает кварц.

П. п. тр. не изменяется. С содой дает белую эмаль. Кислоты не действуют. После прокаливания в окислительном пламени с раствором азотнокислого кобальта приобретает грязный голубовато-серый цвет.

*Происхождение.* Встречается в пегматитовых жилах. Редкий.

*Спутники.* Берилл  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ , топаз  $\text{Al}_2\text{F}_2[\text{SiO}_4]$ , амазонит  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , адуляр  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

**154. Виллемит**  $\text{Zn}_2[\text{SiO}_4]$  ( $\text{ZnO}$  73,0;  $\text{SiO}_2$  27,0). Часто содержит в значительном количестве Mn.

Триг. с.; вид симм.  $L_6^3$  С. Кристаллы мелкие. Встречается в виде сплошных и зернистых масс.

Кристаллическая структура идентична структуре фенакита.

Цвет белый, зеленовато-желтый, яблочно-зеленый, красноватый, желтовато-бурый. Сп. не всегда ясная по (0001). Тв. 5,5. Уд. в. 3,89—4,18.

П. п. тр. плавится с трудом в белую эмаль. На угле дает при прокаливании в восстановительном пламени налет  $\text{ZnO}$ , который после смачивания раствором  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  и прокаливания в окислительном конусе приобретает зеленый цвет. В  $\text{HCl}$  разлагается с выделением студневидного кремнезема.

*Разновидности.* Троостит, содержит Mn, Fe, Mg. Цвет светло-зеленый и красноватый. Находится в сплошных массах.

*Происхождение.* Контактный — в месторождениях цинковых руд, кроме того, поверхностный.

*Спутники.* Цинкит  $\text{ZnO}$ , франклинит  $(\text{Fe}, \text{Zn}, \text{Mn})(\text{Fe}, \text{Mn})_2\text{O}_4$ .

*Месторождения.* В СССР: Тетюхе на Дальнем Востоке — виллемит в небольшом количестве. За границей: Франклин, штат Нью-Джерси в США.

*Значение.* Руда на цинк.

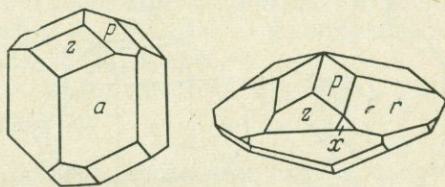


Рис. 114. Фенакит:  $a(10\bar{1}0)$ ,  $z(13\bar{4}4)$ ,  $p(11\bar{2}3)$ ,  $r(10\bar{1}1)$ ,  $x(1232)$

155. Эвкрипит  $\text{LiAl}[\text{SiO}_4]$  ( $\text{Li}_2\text{O}$  11,9;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  40,5;  $\text{SiO}_2$  47,6).

Гекс. с. Встречается в виде микроскопических выделений в альбите как продукт разложения сподумена. Бесцветный или белый. Сп. ясная. Уд. в. 2,66.

*Происхождение.* Встречается в пегматитах со сподуменом.

#### ГРУППА ОЛИВИНА

156. Форстерит  $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ .

157. Оливин  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$ . Содержит 10% и более  $\text{FeO}$ .

158. Фаялит  $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$ .

Образуют изоморфный ряд. Наиболее распространенными являются оливины. Редко встречаются минералы, близкие по составу к форстериту и фаялиту.

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Встречаются в виде кристаллов (рис. 115) и зерен, включенных в породу, и в виде зернистых масс.

Цвет различный в зависимости от состава, от почти бесцветного и желтоватого до темно-зеленого и черного. Блеск стеклянный. Тв. 6,5. Уд. в. 3,21—4,14. Сп. средняя.

П. п. тр. не плавятся, за исключением сильно железистых разновидностей, сплавляющихся в черный магнитный шарик. В  $\text{HCl}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  разлагаются с выделением студневидного кремнезема. Характерно

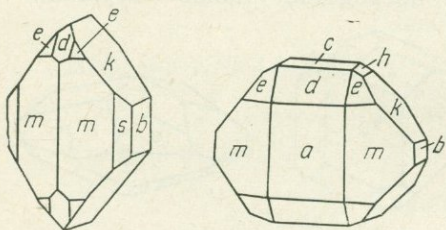


Рис. 115. Оливин:  $a(100)$ ,  $b(010)$ ,  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  $s(120)$ ,  $d(101)$ ,  $h(011)$ ,  $k(021)$ ,  $e(111)$

изменение оптических свойств: средний показатель преломления, двойное лучепреломление и угол между оптическими осями увеличиваются с повышением содержания железа.

*Разновидности.* Хризолит — прозрачный оливин желтовато-зеленоватого цвета. Гиалосидерит — разновидность оливина, богатая железом. Фаялит-гортонолит  $(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})_2[\text{SiO}_4]$  — большие темноокрашенные кристаллы.

*Происхождение.* Кимберлиты; оливин и фаялит — породообразующие минералы основных и ультраосновных изверженных (габбро, диабазы) и излившихся (базальты и др.) горных пород. Форстерит встречается в контактовых зонах в известняках вместе со шпинелью. Форстерит и оливин в метеоритах находятся обычно вместе с железом.

*Спутники.* Ромбические пироксены, пироп  $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$  (в кимберлитах) хромит  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ , магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ , платина. Продукты разложения: серпентин  $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , керолит  $\text{Mg}_4(\text{OH})_4 \times [\text{Si}_4\text{O}_{10}]4\text{H}_2\text{O}$ , асбест  $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , тальк  $\text{Mg}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , хлорит, железный блеск  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , Магнитный железняк  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ , магнетит  $\text{MgCO}_3$ , брусит  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

159. Кнебелит  $(\text{Mn}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$ . Марганец и железо содержатся почти в равных количествах.

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы таблитчатые, в хорошо образованном виде неизвестны; обычно сплошные массы.

Цвет красновато-бурый до темно-бурого и черного. Блеск жирный. Сп. средняя по (110). Тв. 6,5. Уд. в. 4,0.

П. п. тр. легко плавится. Легко разлагается в HCl с выделением студневидного кремнезема.

*Происхождение.* Магматический, контактовый и пегматитовый. Минерал редкий.

*Спутники.* Магнетит и различные марганцевые минералы.

*Месторождения.* В СССР: в пегматитах по р. Харангону на южном склоне Гиссарского хребта в Таджикистане. За границей: железо-марганцевые месторождения Швеции.

**160. Тефроит**  $Mn_2[SiO_4]$  (MnO 70,2; SiO<sub>2</sub> 29,8). Содержит немного FeO и MgO.

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Сходен с кнебелитом, от которого отличается отсутствием спайности и трудной плавкостью. Цвет от мяско-красного до пепельно-серого.

*Происхождение.* Минерал редкий. Встречается в контактово-метаморфических месторождениях Франклина и Спарты в шт. Нью-Джерси, США, с разнообразными марганцевыми и цинковыми минералами: цинкитом ZnO, яacobситом  $MnFe_2O_4$ , франклинитом  $(Fe, Zn, Mn)(Fe, Mn)_2O_4$ , виллемитом  $Zn_2[SiO_4]$  и др.

*Разновидности.* Пикротефроит, содержит до 12% MgO, промежуточный между форстеритом и тефроитом.

**161. Монтичеллит**  $CaMg[SiO_4]$ .

Минерал редкий. По виду кристаллов и свойствам сходен с оливином. Встречается в метаморфизованных известняках.

#### ГРУППА ГУМИТА

**162. Норбергит**  $Mg_3(OH, F)_2[SiO_4]$ . Ромб. с.

**163. Хондродит**  $Mg_5(OH, F)_2[SiO_4]_2$ . Мон. с.

**164. Гумит (клиногумит)**  $Mg_3(OH, F)_2[SiO_4]_4$ . Мон. с.

Минералы группы гумита очень близки между собой по внешнему виду, свойствам и условиям нахождения в природе. Наиболее распространены хондродит и клиногумит.

Встречаются в виде хорошо образованных кристаллов, округлых зерен и зернистых масс. Кристаллы с большим числом граней.

Цвет белый, медово-желтый до бурого и гиацинтового-красного; наиболее характерны красноватые и оранжево-красноватые цвета. Сп. несовершенная. Тв. 6—6,5. Уд. в. около 3,1—3,2.

П. п. тр. не плавятся. В закрытой трубке при сплавлении с  $KHSO_4$  дают реакцию на F. С кислотами образуют студень. С бурой и фосфорной солью обычно дают реакцию на железо, замещающее магний. Встречаются в метаморфизованных известняках контактовых зон с диопсидом  $CaMg[Si_2O_6]$ , флогопитом, шпинелью  $MgAl_2O_4$ , форстеритом  $Mg_2[SiO_4]$  и другими контактными минералами. Переходят в серпентин. Хондродит и гумит известны в известняках р. Слюдянки на южном берегу Байкала.

#### ГРУППА ГРАНАТА

Общая формула  $R_3^{\cdot\cdot} R_2^{\cdot\cdot\cdot} [SiO_4]_3$ , где  $R^{\cdot\cdot} = Mg, Ca, Mn, Fe^{\cdot\cdot}$ , а  $R^{\cdot\cdot\cdot} = Al, Fe^{\cdot\cdot\cdot}, Cr$ . Гранаты представляют собой изоморфный ряд.

Куб. с.; вид симм.  $3L^4L^36L^29PC$ . Форма кристаллов: ромбододекаэдр, тетрагонтриоктаэдр и др. (рис. 116); иногда образуют сплошные зернистые массы, особенно андрадит.

Цвет различный. Блеск стеклянный до алмазного, иногда жирный. Сп. нет. Тв. до 8. Уд. в. колеблется в зависимости от состава от 3,5 до 4,25.

П. п. тр. плавятся довольно легко, кроме уваровита. HCl действует слабо (исключение представляет демантоид), но после прокаливания все гранаты, кроме уваровита, легко разлагаются в HCl с выделением студневидного кремнезема.

*Происхождение.* В основном метаморфические — встречаются в скарнах и кристаллических слюдяных и хлоритовых сланцах.

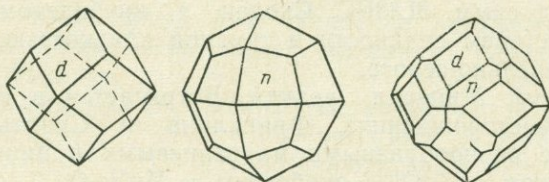


Рис. 116. Гранат:  $d(101)$ ,  $n(211)$

*Спутники.* В скарнах: кальцит  $\text{CaCO}_3$ , диопсид  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , везувиан, эпидот. В сланцах: хлорит, дистен  $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$ , слюда, ставролит  $2\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4] \cdot \text{Fe}(\text{OH})_2$ . Для уваровита характерно нахождение с хромитом  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ . Продукты изменения: гранаты, содержащие Al, дают слюду и хлорит, не содержащие Al — продукты, сходные с серпентином; гранаты с большим содержанием Fe разрушаются с образованием лимонита, гематита, магнетита.

*Месторождения.* В СССР: гора Таганай на Урале — альмандин в слюдяно-дистеновых сланцах; Шуерецкое в Карелии — также альмандин в сланцах с кианитом и др.

**165. Пироп**  $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ . Цвет темно-красный. Встречается в кимберлитах, эклогитах и продуктах разрушения оливиновых пород.

**166. Гроссулярь**  $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ . Цвет светло-зеленый. Минерал скарнов.

*Разновидности:* гессонит, красно-бурый или коричневый от примеси железа. Румянцовит — плотный гессонит, бурого цвета.

**167. Андрадит**  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$ .

Цвет бурый, буровато-зеленый. Обычный минерал скарнов, в которых иногда образует сплошные массы.

*Разновидности.* Меланит, черного цвета, содержит  $\text{TiO}_2$ . Топазолит, зеленый до изумрудно-зеленого с алмазным блеском (драгоценный камень); встречается в кристаллах и сплошных массах: известен в золотоносных россыпях Нижне-Тагильского округа на Урале. Демантоид, травяно-зеленый до изумрудно-зеленого (драгоценный камень). Аплом содержит  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и до 3%  $\text{MnO}$ , аллохроит и полиадельфит — до 16%  $\text{MnO}$ . Титанистый гранат, черный, содержит до 10%  $\text{TiO}_2$ . Иттровый гранат содержит до 6%  $\text{Y}_2\text{O}_3$ , редкий.

**168. Уваровит**  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$ .

Цвет изумрудно-зеленый. Встречается в виде тонких кристаллических корочек на хромистом железняке.

**169. Спессартин**  $\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ .

Цвет розовый и желтовато-красный до красно-бурого в зависимости от примеси железа. Находится иногда в пегматитовых жилах.

**170. Альмандин**  $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ .

Цвет красновато-коричневый до малиново-красного. Один из наиболее распространенных гранатов. Характерен для слюдяных сланцев с дистеном. Встречается в гранитных пегматитах.

**ГРУППА ЦИРКОНА**

**171. Циркон**  $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$  ( $\text{ZrO}_2$  67,2;  $\text{SiO}_2$  32,8). Содержит в виде примеси до 4%  $\text{HfO}_2$ , до 7%  $\text{ThO}_2$ , иногда редкие земли,  $\text{Y}_2\text{O}_3$  и др.

Тетр. с.; вид симм.  $L^4L^25PC$ . Кристаллы обычно мелкие, хорошо образованные (рис. 117), вросшие в породу.

Цвет от светло-желтого до темно-коричневого. Блеск алмазный. Сп. нет. Тв. 7,5. Уд. в. 4,68—4,70.

П. п. тр. не плавится. Из кислот действует только  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , которая разлагает циркон в тонком порошке. Обычно радиоактивен. Имеет желтое свечение в ультрафиолетовых лучах.

*Разновидности.* Выделяют большое число разновидностей по содержанию редких элементов и по цвету. Гиацинт, красновато-коричневый. Жаргон, бледно-соломенно-желтый. Цирголит, содержит  $\text{U}_3\text{O}_8$ , цвет темный. Малакон, содержит Hf и Th, отличается характерной формой кристаллов с выпуклыми гранями. Наэгит, содержит Y, Nb, Ta, Th, U. Альвит — разновидность со значительным количеством Hf, Th, с редкими землями и др.

*Происхождение.* Магматический — в гранитах, сиенитах и других породах и пегматитовый — особенно в пегматитах щелочного типа.

*Спутники.* Полевые шпаты, корунд, элеолит  $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ , пирохлор  $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6(\text{F}, \text{OH}, \text{O})_2$ , апатит  $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})[\text{PO}_4]_3$ , иногда скаполит, пироксен, титанит, волластонит, графит. В россыпях вместе с золотом и касситеритом  $\text{SnO}_2$ , рутилом  $\text{TiO}_2$ , ильменитом  $\text{FeTiO}_3$ , монацитом  $\text{CePO}_4$ .

*Месторождения.* За границей: Бразилия и США (штат Флорида) — россыпи с монацитом.

*Значение.* Материал для получения окиси циркония, отличающейся высокой огне- и кислотоупорностью. Кроме того, используется для приготовления ферроциркония и других сплавов, добавка которых к стали и латуни улучшает качество отливки и продукта.

**172. Торит (оранжит)**  $\text{Th}[\text{SiO}_4]$ . Содержит небольшое количество марганца, редкие земли, уран, часто  $\text{H}_2\text{O}$ .

Тетр. с.; вид симм.  $L^4L^25PC$ . Кристаллы очень редки, подобны кристаллам циркона. Обычно находится в сплошном и вкрапленном виде.

Цвет от желтовато-красного до почти черного. Сп. нет. Тв. 4,5. Уд. в. 4,4—5,4.

П. п. тр. не плавится. В  $\text{HCl}$  разлагается с выделением студенистого кремнезема. Сильно радиоактивен.

*Разновидности.* Оранжевый, оранжевого цвета, прозрачный или

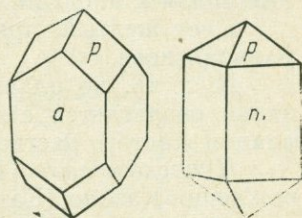


Рис. 117. Циркон:  $a(100)$ ,  $m(110)$ ,  $p(111)$

просвечивающий. Ураноторит, содержит  $U_3O_8$  до 18%. Ауэрлит — богатая водой фосфорсодержащая разновидность (около 15% фосфата).

*Происхождение.* Минерал очень редкий. Магматический — в нефелиновых сиенитах. Пегматитовый — с роговой обманкой, биотитом, цирконом.

#### ГРУППА УРАНОФАНА

**173. Соддиит**  $U_2O_4[SiO_4] \cdot 2H_2O$ . Кроме того, указывается формула  $5UO_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 6H_2O$ , чему отвечает состав:  $UO_3$  86,2;  $SiO_2$  7,3;  $H_2O$  6,5.

Ромб. с. Кристаллы очень мелкие, пирамидальные; реже укороченные призмы; иногда плотные массы.

Цвет желтый; просвечивает. Сп. нет. Тв. 3—4. Уд. в. 4,62. Сильно радиоактивен.

П. п. тр. не плавится, чернеет. В разбавленной  $HCl$  при подогривании разлагается с выделением студневидного кремнезема и образованием желтого раствора.

*Происхождение.* Гидротермальный — вместе с кюритом в месторождении Казоло (Катанга, Республика Заир). Очень редок.

**174. Скловоскит**  $MgU_2^{IV}(OH)_6[SiO_4]_2 \cdot 4H_2O$  или  $MgO \cdot 2UO_3 \times 2SiO_2 \cdot 7H_2O$  ( $MgO$  4,7;  $UO_3$  66,6;  $SiO_2$  14,0;  $H_2O$  14,7).

Ромб. с. Кристаллы мелкие, призматические до игольчатых, иногда образуют сферолиты; чаще плотный, землистый и в виде налетов.

Цвет лимонно-желтый. Сп. совершенная по (001) и (110). Тв. 3. Уд. в. 3,54. Радиоактивен.

В кислотах выделяет гель кремнезема и дает желтый раствор.

*Происхождение.* Гипергенный — в трещинах кремнистой брекчии в Казоло (Катанга, Республика Заир).

**175. Уранофан** (ламбертит)  $CaU_2^{IV}(OH)_6[SiO_4]_2 \cdot 4H_2O$  или  $CaO \times 2UO_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 7H_2O$  ( $CaO$  6,55;  $UO_3$  66,81;  $SiO_2$  14,02;  $H_2O$  12,62).

Ромб. с. Кристаллы игольчатые, образуют лучистые агрегаты и волокнистые массы и корочки.

Цвет желтый и желтовато-зеленый. Тв. 2—3. Уд. в. 3,81—3,96. В кислотах разлагается с выделением студневидного кремнезема.

$\beta$ -уранотит является полиморфной разновидностью уранофана. Образует мелкие призматические и тонкоигольчатые кристаллы.

Оба минерала гипергенные, встречаются как вторичные продукты вместе с другими урановыми минералами.

**176. Казолит**  $PbUO_2[SiO_4]_2 \cdot H_2O$  или  $PbO \cdot UO_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O$  ( $PbO$  38,0;  $UO_3$  48,70;  $SiO_2$  10,23;  $H_2O$  3,07).

Мон. с. Кристаллы мелкие. Иногда образует сплошные массы. В плотных массах похож на аурипигмент.

Цвет буро-желтый и охряно-желтый. Просвечивает. Сп. совершенная по (001). Тв. 4—5. Уд. в. 5,96.

П. п. тр. плавится в черное стекло. В кислотах легко разлагается с выделением студня кремнезема.

*Происхождение.* Гипергенный — вместе с торбернитом, кюритом, кальцитом в месторождениях урана.

**177. Гуммит.** Состав минерала непостоянный, формула примерно  $(Pb, Ca)O \cdot 3UO_3 \cdot SiO_2 \cdot 6H_2O(?)$ , чему отвечает содержание:  $(PbO + CaO)$  9,61%;  $UO_3$  75,55;  $SiO_2$  5,25;  $H_2O$  9,44. По-видимому, это смесь различных скрытокристаллических урановых минералов.

Цвет оранжево-красный и красновато-желтый. Черта желтая. Блеск смолистый. Тв. 2,5—3. Уд. в. 4,7—5,08.

П. п. тр. не плавится. После нагревания становится красновато-бурым. Легко растворяется в уксусной кислоте.

*Происхождение.* Вторичный по ураниниту; обычно окружает уранинит в виде характерной оранжево-желтой каймы.

*Значение.* Поисковый признак на уран.

#### ГРУППА ТОПАЗА — АНДАЛУЗИТА

178. **Топаз**  $Al_2(F, OH)_2[SiO_4]$ . Содержит около 17% фтора.

Ромб. с.;  $3L^23PC$ . Кристаллы призматические, хорошо образованные (рис. 118). Иногда пластинчатый, зернистый и сплошной в грейзенах.

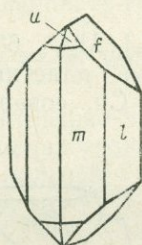
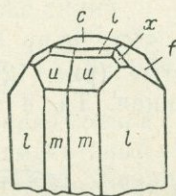


Рис. 118. Топаз:  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  $l(120)$ ,  $i(223)$ ,  $u(111)$ ,  $f(021)$ ,  $x(243)$

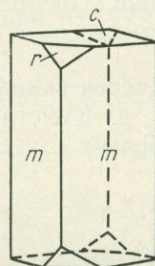


Рис. 119. Андалузит:  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  $r(101)$

Цвет светло-желтый, дымчатый, зеленоватый, голубой, белый, розовый и красный; иногда бесцветен. Блеск стеклянный, сильный. Сп. совершенная по (001). Тв. 8. Уд. в. 3,4—3,6.

П. п. тр. не плавится. Кислоты почти не действуют.

*Происхождение.* Встречается в пегматитовых жилах и грейзенах.

*Спутники.* Кварц, ортоклаз  $K[AlSi_3O_8]$ , амазонит  $K[AlSi_3O_8]$ , альбит  $Na[AlSi_3O_8]$ , слюды, берилл  $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$ , турмалин, колумбит  $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$ , иногда апатит  $Ca_5(F, Cl)[PO_4]_3$ , флюорит  $CaF_2$ , касситерит  $SnO_2$  и вольфрамит  $(Fe, Mn)WO_4$ . Известны псевдоморфозы топаза по полевоому шпату. Вторичные продукты близки к стеатиту и каолину.

*Месторождения.* В СССР: Ильменские горы и район с. Мурзинки (к северу от Свердловска); Борщевочный краж и Шерловая гора (Забайкалье); розовые топазы известны в россыпях по рр. Каменке и Санарке на Южном Урале; крупные голубые и полихромные топазы встречаются в пегматитах на Воляни.

*Значение.* Драгоценный камень.

179. **Андалузит**  $Al_2O[SiO_4]$  ( $Al_2O_3$  63,2;  $SiO_2$  36,8).

Ромб с., вид. симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы столбчато-призматические (рис. 119).

Цвет серый, розовый. Блеск стеклянный. Сп. средняя по (110). Тв. 7,5. Уд. в. 3,16—3,21.

П. п. тр. не плавится. Кислоты не действуют.

*Разновидности.* Хиастолит, длинные призматические кристал-

лы; иногда тонкие, как иглы, в глинистых сланцах; внутри вдоль прорастают столбиками глинистого вещества (рис. 120).

*Происхождение.* Метаморфический — в гнейсах и слюдяных сланцах; хиастолит — в глинистых сланцах.

*Спутники.* Слюда, турмалин. Продукты изменения: каолин и слюдоподобные минералы, вследствие чего андалузит часто обнаруживает не свойственную ему малую твердость.



Рис. 120. Хиастолит

*Значение.* Прозрачный андалузит употребляется в качестве драгоценного камня, а обыкновенный при изготовлении глазури для фарфора.

**180. Дистен (кианит)**  $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  63,2;  $\text{SiO}_2$  36,8).

Трикл. с. Кристаллы удлиненные, пластинчатые (рис. 121). Цвет синий и белый. Блеск стеклянный. Сп. совершенная. Тв. 4 и 6,5 на

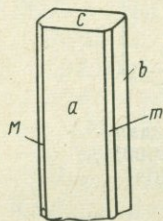


Рис. 121. Дистен:  $a(100)$ ,  $b(010)$ ,  $c(001)$ ,  $m(\bar{1}\bar{1}0)$ ,  $n(110)$

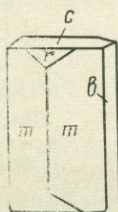


Рис. 122. Ставролит:  $b(010)$ ,  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  $n(101)$

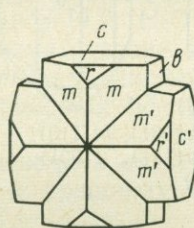
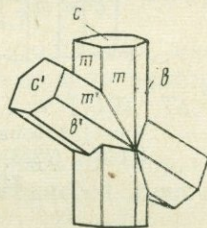


Рис. 123. Крестовидные двойники ставролита



двойники ставролита

плоскостях спайности: 4 — по длине кристалла и 6,5 — в перпендикулярном направлении. Уд. в. 3,56—3,67.

П. п. тр. не плавится. Кислоты не действуют.

*Происхождение.* Встречается в гнейсах и кристаллических сланцах. При температуре 1320—1380° переходит в силлиманит.

*Спутники.* Слюда, ставролит  $2\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4] \cdot \text{Fe}(\text{OH})_2$ , гранат  $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ , корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Продукты изменения: слюда и пирофиллит  $\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ .

*Месторождения.* В СССР: гора Таганай (близ Златоуста на Среднем Урале) — слюдяные сланцы с гранатом и ставролитом; корундовое месторождение Семиз-Бугу в Казахстане; гранатовые месторождения около ст. Шуерецкой в Карельской АССР; в Мамском районе Иркутской области.

*Значение.* Высокоглиноземистое сырье. При обжиге переходит в муллит.

**181. Ставролит**  $2\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4] \cdot \text{Fe}(\text{OH})_2$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  49,76;  $\text{FeO}$  21,54;  $\text{SiO}_2$  28,70).

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы призматические (рис. 122), крестовидные двойники (рис. 123).

Цвет красновато-бурый. Блеск стеклянный. Сп. средняя по (010). Тв. 7—7,5. Уд. в. 3,7.

П. п. тр. не плавится. Кислоты не действуют.

*Происхождение.* Метаморфический — в кристаллических сланцах как продукт регионального или контактового метаморфизма.

*Спутники.* Кианит  $Al_2O_3[SiO_4]$ , гранат  $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$ , слюда, силлиманит  $Al[AlSiO_5]$ , турмалин. Продукты изменения: вторичная тонкокристаллическая слюда, плотная, стеатитоподобная.

#### ГРУППА ДЮМОРТЬЕРИТА

**182. Дюмортьерит**  $Al_7[BO_3]O_3[SiO_4]_3$ . Возможно близок к группе силлиманита и имеет формулу  $Al_4[(Al_4BSi_3)O_{19}OH]$ . Содержание  $B_2O_3$  около 5%.

Ромб. с. Тонко- или скрытокристаллический. Встречается в виде параллельно- и лучистожилковатых агрегатов, вкрапленных в породу. Цвет ярко-синий и зеленовато-голубой, редко фиолетово-красный. Тв. 7. Уд. в. 3,26—3,36.

П. п. тр. не плавится, но теряет окраску. Кислоты не действуют, даже HF.

*Происхождение.* Контактново-метаморфический — в гнейсах и сланцах и пегматитовый. Минерал редкий.

*Спутники.* Кварц, полевой шпат, кордиерит  $Mg_2Al_3[AlSi_5O_{18}]$ , кианит  $Al_2O_3[SiO_4]$ , корунд  $Al_2O_3$ .

*Месторождения.* В СССР: Сайлык в Казахской ССР (в 90 км к северо-востоку от Ташкента) — с колыбташем (агальматолитом) и корундом; оз. Увильды в Кыштымском районе на Урале — в полевоом шпате.

*Значение.* Керамическое сырье, в фарфоровой промышленности.

Дюмортьерит принадлежит к числу силикатов, наиболее богатых глиноземом. Содержание  $Al_2O_3$  в нем достигает 69%. В этом отношении дюмортьерит близок к двум другим редким минералам — зунит и у (зунит)  $Al_{13}(OH)_{18}(Cl, F)Si_5O_{20}(Al_2O_3 \text{ около } 58\%)$  и сапфирину  $Mg_2Al_4SiO_{10}(MgO \text{ 21,46; } Al_2O_3 \text{ 65,66; } SiO_2 \text{ 12,88})$ .

Зунит кристаллизуется в куб. с. в форме хорошо образованных бесцветных тетраэдров. Тв. 7. Уд. в. 2,875. Известен в так называемых вторичных кварцитах и в характерных жилах с сульфидами свинца и арсенидами в Казахстане (массив Карабас в районе Коунрада) и в виде редких вкраплений в загликском алуните в Азербайджане.

Сапфирин кристаллизуется в моноклинной сингонии. Таблитчатые кристаллы или плоские зерна. Цвет светло-синий и зеленоватый до темно-зеленого. Тв. 7. Уд. в. 3,46—3,49. Известен в слюдяном сланце близ Фискернеса на западном берегу Гренландии.

Оба минерала п. п. тр. не плавятся. Кислоты на них не действуют.

#### ГРУППА ТИТАНИТА

**183. Титанит (сфен)**  $CaTiO[SiO_4]$  ( $CaO \text{ 28,6; } TiO_2 \text{ 40,8; } SiO_2 \text{ 30,6}$ ). Содержит  $(Ce, Y)_2O_3$  до 3% редко более.

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Кристаллы плоские конвертообразные, клиновидные (рис. 124). Характерно ромбовидное поперечное сечение.

Цвет бурый, коричневый, реже зеленоватый, золотистый и желтый. Блеск алмазный. Сп. средняя. Отчетливая параллельная отдельность. Тв. 5—5,5. Уд. в. 3,4—3,56.

П. п. тр. плавится сравнительно легко, вспучиваясь в желтое, бурое или черное стекло. В  $H_2SO_4$  вполне разлагается; получившийся раствор от капли перекиси водорода окрашивается в оранжево-желтый цвет.

**Разновидности.** Собственно титанит — темноокрашенные до черных малопрозрачные разновидности, часто содержащие редкие земли и наиболее высокотемпературные. Сфен — светлые разновидности, обычно с малым содержанием редких земель и менее высокотемпературные, до гидротермальных. Кейльгауит содержит до 10%  $Y_2O_3$ . Лейкоксен — продукт изменения ильменита, титаномагнетита, рутила; образуется либо в виде каймы вокруг этих минералов или полностью замещает их; часто принимается за сфен; в действительности представляет собой большей частью смесь минералов: сфена, гидрата окиси титана и др.

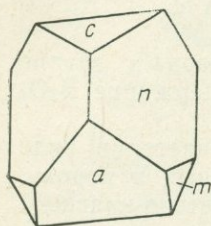


Рис. 124. Титанит:  
 $a(100)$ ,  $c(001)$ ,  
 $m(110)$ ,  $n(111)$

**Происхождение.** Различное. Многочисленные разновидности титанита (сфена) встречаются в изверженных породах, пегматитах, контактах, кристаллических сланцах, жилах альпийского типа.

**Спутники.** Нефелин  $KNa_3[AlSiO_4]_4$ , эгирин  $NaFe[Si_2O_6]$ , полевошпат, альбит, диопсид  $CaMg[Si_2O_6]$ , амфиболы, хлориты, скаполит, циркон  $Zr[SiO_4]$ , апатит  $Ca_5(Cl, F)[PO_4]_3$ , ильменит  $FeTiO_3$ . В жилах альпийского типа: адуляр  $K[AlSi_3O_8]$ , альбит  $Na[AlSi_3O_8]$ , прохлорит, асбестовидный актинолит (биссолит).

**Месторождения.** В СССР: Ильменские горы на Урале — в полевошпатовых жилах с роговой обманкой и в нефелиновых пегматитах с ильменитом; Шишимские и Назямские горы на Южном Урале — в контактово-метаморфических породах с магнетитом, ильменитом, хлоритом. В Хибинах — призматический, игольчатый магматического происхождения с нефелином, эгирином, сахаровидным апатитом и другими минералами.

**Значение.** Возможно использование в качестве сырья на титан.

#### ГРУППА ДАНБУРИТА

184. Данбурит  $CaB_2(SiO_4)_2$  (CaO 22,8;  $B_2O_3$  28,4;  $SiO_4$  48,8).

Ром. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы призматические, напоминают кристаллы топаза; реже встречается в виде зернистых скоплений.

Цвет бледный винно-желтый, медово-желтый и желтовато-бурый; иногда бесцветен и прозрачен. Сп. несовершенная. Тв. 7—7,5. Уд. в. 2,97—3,02.

П. п. тр. легко плавится, окрашивая пламя в зеленый цвет; при нагревании люминесцирует красноватым цветом. В HCl заметно не растворяется, однако в растворе обнаруживается борная кислота; куркумовая бумажка, смоченная раствором и затем высушенная, становится красно-бурой, а после смачивания щелочью — синей или черно-зеленой. После предварительного прокалывания полностью разлагается в HCl с выделением студневидного кремнезема.

**Происхождение.** Контактново-метаморфический, а также в пегматитовых жилах и грейзенах.

**Спутники.** Dolomit  $CaMg(CO_3)_2$ , турмалин, слюда, датолит.

ГРУППА ДАТОЛИТА

185. Датолит  $\text{CaV}(\text{OH})[\text{SiO}_4]$  (CaO 35,0;  $\text{V}_2\text{O}_5$  21,8;  $\text{SiO}_2$  37,6;  $\text{H}_2\text{O}$  5,6).

Мон. с. Кристаллы пластинчатые, пирамидальные и призматические (рис. 125); также натечные, гроздевидные образования и сплошные зернистые и скрытокристаллические массы.

Бесцветный водяно-прозрачный или бледно-зеленоватый, желтый, красный и других цветов. Сп. нет. Тв. 5—5,5. Уд. в. 2,9—3.

П. п. тр. легко сплавляется в прозрачное стекло, вслучиваясь и окрашивая пламя в зеленый цвет. С HCl образует студень.

*Происхождение.* Гидротермальный — вместе с кальцитом, пренитом и цеолитами встречается в жилах и пустотах среди основных излившихся пород; иногда в рудных жилах и контактах.

*Месторождения.* В СССР: на Кавказе — мощные датолитовые контакты; Кара-Даг в Крыму — жилы с цеолитами; Тетюхе в Приморье — в рудных контактах в связи с известняками.

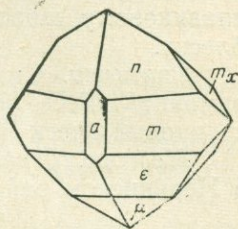


Рис. 125. Датолит:  
 $a(100)$ ,  $m(110)$ ,  
 $m_x(011)$ ,  $n(111)$ ,  
 $\varepsilon(\bar{1}\bar{1}2)$ ,  $\mu(\bar{1}\bar{1}4)$

ГРУППА АРАНДИЗИТА

186. Арандизит.  $\text{Sn}_5(\text{OH})_8[\text{SiO}_4]_3$  ( $\text{SnO}_2$  48,8;  $\text{SiO}_2$  46,6;  $\text{H}_2\text{O}$  4,6).

Ромб. с. Сплошной, микроскопически зернистый и волокнистого сложения.

Цвет зеленый различных оттенков. Блеск жирный. Оптически почти изотропный. Тв. 5. Уд. в. 4.

*Происхождение.* Контактново-метаморфический — в связи с известняками. Минерал очень редкий.

*Спутники.* Касситерит  $\text{SnO}_2$ , кварц, сернистые соединения железа и меди.

ГРУППА ТОРТВЕЙТИТА — КАЛАМИНА

187. Тортвейтит  $(\text{Sc}, \text{Y})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$ .

Мон. с. Кристаллы призматического вида. Цвет серовато-зеленый до черного. Просвечивает, иногда непрозрачен. Тв. 6—7. Уд. в. 3,57.

*Происхождение.* Был встречен в гранитном пегматите в Ивеланде в Норвегии. Очень редок.

188. Таленит  $\text{Y}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$  ( $\text{Y}_2\text{O}_3$  65,3;  $\text{SiO}_2$  34,7).

Мон. с. Кристаллы таблитчатые и призматические.

Цвет мясо-красный. Сп. нет. Тв. 6,5. Уд. в. 4,2.

*Происхождение.* Очень редок. Встречается в пегматитах Швеции, в Упсале и Вермланде.

189. Каламин (гемиморфит, галмей)  $\text{Zn}_4(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$  (ZnO 67,5;  $\text{SiO}_2$  25,0;  $\text{H}_2\text{O}$  7,5).

Ромб. с.; вид симм.  $L^22P$ . Кристаллы тонкие, таблитчато-призматические, ясно гемиморфные (рис. 126), образуют друзы; кроме того, наблюдаются натечные формы.

Цвет белый, желтый; иногда бесцветен. Блеск алмазный. Сп. совершенная по (100). Тв. 4,5—5. Хрупкий. Уд. в. 3,4—3,5.

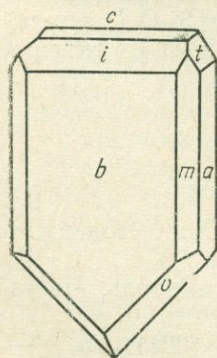


Рис. 126. Каламин:  
 $a(100)$ ,  $b(010)$ ,  
 $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  
 $t(301)$ ,  $i(031)$ ,  
 $\sigma(\bar{1}\bar{2}\bar{1})$

П. п. тр. не плавится. При нагревании на угле с содой дает желтовато-белый налет, реагирующий на  $Zn$  с  $Co(NO_3)_2$ . В окислительном конусе после прокаливании с  $Co(NO_3)_2$  окрашивается в зеленый цвет. Кислотами разлагается с выделением студенистого кремнезема.

**Происхождение.** Поверхностный, образуется в зоне железной шляпы рудных месторождений. Известны псевдоморфозы каламина по плавиковому шпату, кальциту, доломиту, пироморфиту, свинцовому блеску.

**Спутники.** Смитсонит  $ZnCO_3$ , церуссит  $PbCO_3$ , кальцит  $CaCO_3$ , лимонит  $HFeO_2 \cdot nH_2O$ , вульфенит  $PbMoO_4$ , цинковая обманка  $ZnS$ , свинцовый блеск  $PbS$ .

**Месторождения.** В СССР: рудники Кличкинский, Тайнинский и др. в Нерчинском районе Читинской области; Чагирский рудник на Алтае.

#### ГРУППА ВЕЗУВИАНА

**190. Везувиан**  $Ca_{10}Al_4(Mg, Fe)_2(OH, F)_4[SiO_4]_5[Si_2O_7]_2$ , упрощенная формула  $Ca_3Al_2(OH)_4[SiO_4]_2$ .

По составу близок к гранатам (гроссуляру).

Тетр. с.; вид симм.  $L^4L^2PS$ . Кристаллы хорошо образованы, часто в виде тетрагональных призм (рис. 127). Чаще сплошные мелкозернистые массы.

Цвет желтовато-зеленый до темно-зеленого и бурый.

Блеск стеклянный. Сп. нет.

Тв. 6,5. Уд. в. 3,35—3,45.

П. п. тр. легко плавится со вскипанием. Кислотами разлагается частично. Полностью разлагается после прокаливании.

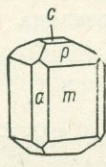
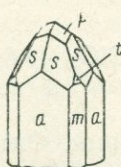
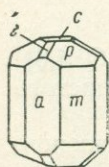


Рис. 127. Везувиан:  
 $a(100)$ ,  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  
 $e(101)$ ,  $p(111)$ ,  $t(331)$ ,  
 $s(311)$

Рис. 128. Вилуит:  
 $a(100)$ ,  $c(001)$ ,  
 $m(110)$ ,  $p(111)$

**Разновидности.** Вилуит — с реки Вилюя Якутской АССР, находится в своеобразной туфоподобной породе вместе с гроссуляром; характерна форма кристаллов (рис. 128).

**Происхождение.** Обычно контактовый в связи с известняками.

**Спутники.** Кальцит  $CaCO_3$ , хлорит, диопсид  $CaMg[Si_2O_6]$ , волластонит  $Ca_3[Si_3O_9]$ , эпидот  $Ca_2(Al, Fe)_3O(OH)[SiO_4][Si_2O_7]$ , титанит  $CaTiO[SiO_4]$ , гранаты, серпентин.

#### ГРУППА ЭПИДОТА

Минералы ромбической сингонии

**191.  $\alpha$ -цоизит**  $Ca_2Al_3O(OH)[SiO_4][Si_2O_7]$ . Железа не содержит или содержит очень мало.

Кристаллы призматические, сильно исштрихованные вдоль. Часто плотные сплошные массы.

Цвет серовато-белый, серый. Сп. совершенная по (001). Тв. 6—6,5. Уд. в. 3,25—3,37. Плоскость оптических осей параллельна (010) в отличие от  $\beta$ -цоизита.

**192.  $\beta$ -цоизит** Содержит до 5%  $Fe_2O_3$ .

Цвет белый или желтоватый. Плоскость оптических осей параллельна (001).

*Разновидности минералов группы эпидота ромбического ряда.*  
**Соссюрит** — тонкозернистый плотный продукт изменения полевых шпатов, состоящий главным образом из цоизита. Тулит — розово-красный от примеси марганца, с сильным плеохроизмом.

П. п. тр. цоизиты вздуваются и плавятся.

*Происхождение.* Образуются при метаморфизме пород, содержащих богатые кальцием плагиоклазы.

#### Минералы моноклинной сингонии

**193. Клиноцоизит**  $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$ . Содержит 5—10%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Кристаллы такие же, как у эпидота. Цвет серый до ярко-желтого и зеленого. Оптический знак положительный (+), в отличие от эпидота.

**194. Эпидот**  $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$ . Содержит свыше 10%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Кристаллы иногда крупные, удлинённые по оси [010], грубо исштрихованные вдоль (рис. 129). Часто образуют двойники по (100) с входящим углом в виде тонкой бороздки на конце кристалла. Обычно сплошные, зернистые, шестоватые и лучистые агрегаты.

Цвет фишашково-зеленый и желто-зеленый. Сп. совершенная по (001). Тв. 6—7. Уд. в. 2,5—3,5. Оптический знак отрицательный (—). Плоскость оптических осей параллельна (010). Клиноцоизит и эпидот легко плавятся в пл. п. тр.

*Происхождение.* Продукт метаморфизма известковых осадочных и богатых кальцием изверженных горных пород. Встречается в контактовых зонах, в том числе в скарнах с магнетитом. Образуется при гидротермальном изменении силикатов, содержащих кальций. Хорошо образованные кристаллы встречаются в жилах альпийского типа.

**195. Орит**  $(\text{Ca}, \text{Ce}^{\text{III}})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$ . Содержание цериевых (церитовых) земель достигает 20% и более; иттриевых — 8%; кроме того, содержит до 3%  $\text{ThO}_2$ .

Кристаллы таблитчатые.

Цвет темно-бурый до черного. Сп. нет. Блеск смоляной. Тв. около 6. Уд. в. 3,0—4,2. Сильно радиоактивен.

П. п. тр. легко плавится. При нагревании с HCl выделяет студневидную кремневую кислоту.

*Происхождение.* Пегматитовый и магматический.

*Спутники.* Кварц, полевой шпат, урановая смолка  $\text{UO}_2$ , циркон  $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ .

*Значение.* Источник редких земель и тория.

#### ГРУППА ИЛЬВАИТА

**196. Ильваит** (лиеврит)  $\text{CaFe}_2\cdot\text{Fe}^{\text{III}}\text{O}(\text{OH})[\text{Si}_2\text{O}_7]$ . В качестве примеси содержит до 1%  $\text{SnO}_2$  и до 9%  $\text{MnO}$ .

Ромб. с.;  $3\text{L}^2\text{ЗРС}$ . Кристаллы призматические, грубо исштрихованные вдоль; чаще встречается в виде столбчатых агрегатов и сплошных масс.

Цвет железно-черный. Черта черная. Блеск полуметаллический, жирный. Непрозрачный. Сп. несовершенная. Тв. 5,5—6. Уд. в. 3,99—4,05.

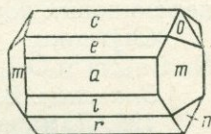


Рис. 129. Эпидот:  
 $a(100)$ ,  $c(001)$ ,  
 $m(110)$ ,  $e(101)$ ,  
 $r(101)$ ,  $l(201)$ ,  
 $o(111)$ ,  $n(\bar{1}\bar{1}1)$

П. п. тр. легко плавится в черный магнитный шарик. С HCl дает студень.

*Происхождение.* Минерал контактов с железными рудами.

#### ГРУППА РИНКОЛИТА — ЛАМПРОФИЛЛИТА

**197. Ринколит и ловчоррит.**  $\text{Na}_2\text{Ca}_4\text{CeTiOF}_3[\text{Si}_2\text{O}_7]_2$ . Содержат Sr, Mn, Mg; присутствуют  $(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5$  до 2%,  $\text{ThO}_2$  до 1%,  $\text{U}_3\text{O}_8$  до 0,25%. Содержание редких земель (группы церия и иттрия) достигает 20%.

Ринколит — кристаллическая разновидность. Мон. с. Кристаллы пластинчатые, удлинённые, очень редки. Цвет желто-зеленый до бурого. Тв. 5. Уд. в. 3,40. Ловчоррит — скрытокристаллический, клееподобный. Цвет желто-бурый, иногда зеленоватый. Тв. 4,5—5. Уд. в. 3,15—3,32.

Обе разновидности п. п. тр. плавятся с трудом.

*Происхождение.* Встречаются в жилах пегматитового типа среди нефелиновых пород.

*Спутники.* Полевой шпат, эгирин  $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , эвдиалит  $\text{Na}_4\text{Ca}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9]_2$ , сфен  $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$ , лампрофиллит, энigmatит.

*Значение.* Важная руда редких элементов и тория.

**198. Лампрофиллит**  $\text{SrNa}_3\text{Ti}_3\text{O}_2\text{F}[\text{Si}_2\text{O}_7]$ . Кроме того, содержит до 7% BaO, до 7% MnO. Количество F до 1,8%.

Ромб. с. Кристаллы пластинчатые, удлинённые.

Цвет золотисто-бурый и темно-бурый. Блеск сильный перламутровый. Сп. весьма совершенная по (100). Тв. 2—3. Уд. в. 3,35—3,53. По внешнему виду и свойствам напоминает астрофиллит, от которого отличается тем, что сплавляется в немагнитный шарик. Обладает сильным плеохроизмом, наиболее интенсивная окраска по удлинению.

*Происхождение.* Магматический и пегматитовый. Встречается в нефелиновых породах, причем характерен для периферических частей массивов. Минерал редкий.

*Спутники.* Полевой шпат, нефелин  $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ , эгирин  $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , энigmatит, эвдиалит.

**199. Астрофиллит**  $(\text{K}_2, \text{Na}_2, \text{Ca})(\text{Ce}, \text{Mn}, \text{Fe})_4(\text{Ti}, \text{Zr})(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2$ . Содержит до 34%  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  и до 13,5%  $\text{TiO}_2$ ; также до 7% MnO и до 1,3% F.

Ромб. с. Кристаллы пластинчатые, удлинённые; иногда лучистые сростки.

Цвет бронзовый до золотисто-желтого и зеленовато-желтого. Блеск сильный перламутровый. Сп. весьма совершенная. Тонкие листочки по спайности хрупкие (не упругие, как у слюды). Тв. 3. Уд. в. 3,3—3,4.

П. п. тр. вздувается и легко плавится в черный магнитный шарик (отличие от лампрофиллита). В HCl разлагается с выделением кремнекислоты.

*Происхождение.* Магматический и пегматитовый, в связи с нефелиновыми сиенитами. Минерал редкий, наблюдается главным образом среди пород, известных под названием фойяитов.

Различают первичный и вторичный астрофиллиты. Последний иногда образуется за счет энigmatита.

*Спутники.* Полевой шпат, эгирин  $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , арфведсонит, эвколит, натролит  $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , сфен.

**Б. Силикаты с кольцевыми анионными радикалами**  
ГРУППА АШИРИТА

**200. Аширит** (диоптаз)  $\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (CuO 50,4;  $\text{SiO}_2$  38,2;  $\text{H}_2\text{O}$  11,4).

Триг. с.; вид симм.  $L^3 C$ . Кристаллы хорошо образованы, призматического вида (рис. 130).

Цвет изумрудно-зеленый. Прозрачный или просвечивает. Сп. совершенная. Тв. 5. Уд. в. 3,28—3,35.

П. п. тр. в окислительном пламени чернеет, в восстановительном краснеет, но не плавится. Пл. п. тр. окрашивает в зеленый цвет. В HCl разлагается с выделением студенистого кремнезема.

*Происхождение.* Поверхностный. Редкий.

*Спутники.* Хризоколла  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$  и другие медные минералы; вульфенит  $\text{PbMoO}_4$ , каламин  $\text{Zn}_4(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$ , лимонит  $\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Иногда встречается в золотоносных россыпях.

*Месторождения.* В СССР: Алтын-Тюбе, в 100 км к северо-западу от Каркаралинска, Казахская ССР.

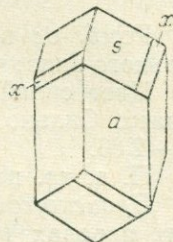


Рис. 130. Аширит:  
 $a(11\bar{2}0)$ ,  $s(02\bar{2}1)$ ,  
 $x(1\bar{3}41)$

ГРУППА БЕРИЛЛА

**201. Берилл**  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$  (BeO 12,0;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  19,0;  $\text{SiO}_2$  67,0). Кроме того, содержит щелочи (до 5%):  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Cs}_2\text{O}$ .

Гекс. с.; вид симм.  $L^6L^27PC$ . Форма кристаллов — удлиненные гексагональные призмы (рис. 131).

Цвет желтовато-зеленый и изумрудно-зеленый, синий, голубоватый, редко розовый. Сп. несовершенная. Тв. 7,5—8. Уд. в. 2,7.

П. п. тр. плавится с трудом, только по краям. Кислоты не действуют.

*Разновидности.* Изумруд — ярко-зеленого цвета, драгоценный камень. Аквамарин — голубоватый, цвета морской воды. Ростерит — короткопризматический или таблитчатый, от бесцветного до бледно-розового цвета, содержит цезий; разновидность ростерита розового цвета из Забайкалья называется воробьевитом. Гелиодор — желтая прозрачная разновидность.

*Происхождение.* Пневматолитический — в пегматитах, грейзенах и кристаллических сланцах.

*Спутники.* Кварц, альбит  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , микроклин  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , ортоклаз  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , слюда, топаз  $\text{Al}_2\text{F}_2[\text{SiO}_4]$ , турмалин, иногда поллуцит  $(\text{Cs}, \text{Na})[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , циркон  $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ , шпинель  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ . В изумрудных коях на Урале — александрит  $\text{BeAl}_2\text{O}_4$ , фенацит  $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$ , рутил  $\text{TiO}_2$ , апатит  $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})[\text{PO}_4]_3$ , флюорит  $\text{CaF}_2$ . Часто находится в месторождениях оловянного камня и вольфрамита, где спутниками являются: касситерит  $\text{SnO}_2$ , вольфрамит  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ , молибденит  $\text{MoS}_2$ , арсенипирит  $\text{FeAsS}$ , висмут самородный, висмутовый блеск  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ . Известны псевдоморфозы по бериллу каолина, слюды, лимонита и кварца.

*Месторождения.* За границей: Мусо в Колумбии — наиболее зна-

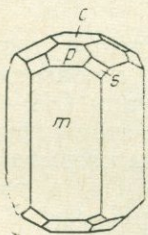


Рис. 131. Берилл:  
 $c(0001)$ ,  $m(10\bar{1}0)$ ,  
 $p(1011)$ ,  $s(11\bar{2}1)$

чительное в мире месторождение изумрудов; пегматиты штатов Мэн и Гемпшир в США с кристаллами берилла весом до 16 т.

*Значение.* Руда на бериллий; изумруд и аквамарин — драгоценные камни.

#### ГРУППА КОРДИЕРИТА

**202. Кордиерит (иолит)**  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$ . Содержит Ca и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ромб. с.; в симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы призматические, гексагонального вида; чаще сплошные массы.

Цвет синий, фиолетовый разных оттенков. Прозрачен или просвечивает. Сильно плеохроичен. Сп. не вполне ясная. Тв. 7—7,5. Уд. в. 2,6—2,66.

П. п. тр. плавится с трудом. Кислоты действуют слабо.

*Происхождение.* Магматический — главным образом в вулканических породах (трахитах и андезитах), и метаморфический — в кристаллических сланцах и контактово-метаморфических породах.

*Спутники.* Кварц, ортоклаз  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , альбит  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , турмалин, роговая обманка, андалузит  $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$ , силлиманит  $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$ , гранат  $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ , иногда берилл  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ ; из рудных минералов: пирротин  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , халькопирит  $\text{CuFeS}_2$ , магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ . Продукты разложения: измененные кордиериты, обогащенные  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  и обедненные  $\text{SiO}_2$  и  $\text{MgO}$  (фалунит, эсмаркит, аспазиолит и др.); конечным продуктом разложения является пинит, близкий по составу к калиевой слюде.

#### ГРУППА ТУРМАЛИНА

**203. Турмалин.**  $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Li}, \text{Mg}, \text{Al})_3(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mn})_6(\text{OH})_4[\text{BO}_3]_3 \times [\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ .

В структуре турмалина кольца  $\text{Si}_6\text{O}_{18}$  располагаются вокруг тройных осей. Группы из трех треугольников  $\text{BO}_3$  чередуются с кольцами  $\text{Si}_6\text{O}_{18}$ . Атомы кислорода и группы  $\text{OH}$  образуют октаэдры, окружающие атомы группы  $(\text{Li}, \text{Mg}, \text{Al})$ . Эти октаэдры связывают воедино колонку из колец  $\text{Si}_6\text{O}_{18}$  и треугольников  $\text{BO}_3$  вокруг тройной оси. Колонки связаны вместе по горизонтали октаэдрами из пяти атомов кислорода и одной группы  $\text{OH}$ , окружающими атомы группы  $(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mn})$ .

Содержание  $\text{B}_2\text{O}_3$  8—12%.

Рис. 132. Турмалин:  $m(10\bar{1}0)$ ,  
 $a(11\bar{2}0)$ ,  $h(1340)$ ,  $r(10\bar{1}1)$ ,  
 $o(02\bar{2}1)$ ,  $e(01\bar{1}2)$ ,  $t(21\bar{3}1)$ ,  
 $c(0001)$

Триг. с.; вид симм.  $L^33P$ . Кристаллы столбчатые, часто одиночные, грубо истрихсванные по длине (рис. 132); форма поперечного сечения кристаллов — сферический треугольник. Радиальнолучистые

агрегаты получили название турмалинового солнца.

Цвет разный в зависимости от состава: черный, розовый, бурый, зеленый, синий, бесцветный. Нередко наблюдается зональная окраска. Сп. нет. Тв. 8. Хрупкий. Уд. в. до 3,2. При нагревании обнаруживает электричество (пироэлектричество) на концах оси с.

П. п. тр. турмалины ведут себя по-разному: темноокрашенные магниевые и богатые железом плавятся более или менее легко, светло-

окрашенные и особенно бесцветные — трудно или совсем не плавятся. Кислоты на турмалин не действуют, но после сплавления турмалины разлагаются HCl с образованием студня.

*Разновидности.* Ахроит — бесцветный, щелочной. Руббелит — розовый, литиевый. Дравит — бурый, магниевый. Индиголит — синий, железо-магнезиально-щелочной. Хромовый турмалин — зеленый. Шерл — черный, железистый и железо-магнезиальный.

*Происхождение.* Пневматолитический — в пегматитовых жилах и грейзенах (бесцветный, розовый, синий, зеленый и черный турмалин). Гидротермальный — в кварцевых и рудных жилах (черный и зеленый). Кроме того, турмалин встречается в кристаллических сланцах — хлоритовых, слюдяных и др.

*Спутники.* В пегматитовых жилах: кварц, альбит  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , ортоклаз  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , микроклин  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , лепидолит и другие слюды; в грейзенах: оловянный камень  $\text{SnO}_2$ ; в сланцах: тальк  $\text{Mg}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , хлорит, слюда, иногда тремолит  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5 \times (\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ , апатит  $\text{Ca}_5(\text{Cl}, \text{F})[\text{PO}_4]_3$ . Продукты изменения: слюда.

*Месторождения.* В СССР: Липовка Свердловской области и Борщевочный кряж в Забайкалье — в пегматитах; месторождение Красный Кардон и др. в восточной части Калбинского хребта в Казахстане — розовые турмалиновые солнца в пегматитах с клевеландитом; в Туркестанском хребте (Средняя Азия) — полихромные турмалины в пегматитах.

*Значение.* Розовый турмалин используется как цветной драгоценный камень. Применяется в качестве пироэлектрика.

#### ГРУППА АКСНИТА

**204. Аксинит**  $\text{Ca}_2(\text{Mn}, \text{Fe})\text{Al}_2(\text{OH})[\text{BO}_3][\text{Si}_4\text{O}_{12}]$ . Содержание  $\text{V}_2\text{O}_5$  около 5%.

Трикл. с.; вид симм. С. Кристаллы плоские (рис. 133) с острыми ребрами (режущими краями). Встречается в виде друз и сплошных масс листового сложения.

Цвет красновато-коричневый, медово-желтый, зеленовато-желтый и синий; цвета сливы.

Сп. средняя по (010). Тв. 6,5—7. Уд. в. 3,27—3,29.

П. п. тр. легко плавится со вскипанием. После прокаливании или сплавления разлагается HCl с выделением студневидного кремнезема. Порошок прокаленного аксинита с каплей воды окрашивает куркумовую бумажку в красный цвет.

*Происхождение.* Гидротермальный — в трещинах и кварцевых жилах, в скарных зонах с гранатами, иногда в рудных месторождениях.

*Спутники.* Кварц, полевой шпат, эпидот  $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3 \text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$ , хлорит (прохлорит), турмалин; в рудных месторождениях: магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ , сфалерит  $\text{ZnS}$ , арсенопирит  $\text{FeAsS}$ , халькопирит  $\text{CuFeS}_2$ .

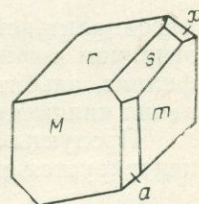


Рис. 133. Аксинит:  $a(100)$ ,  $m(110)$ ,  $M(1\bar{1}0)$ ,  $s(201)$ ,  $x(111)$ ,  $r(1\bar{1}\bar{1})$ .

#### ГРУППА КАТАПЛЕИТА

**205. Катаплеит**  $(\text{Na}_2, \text{Ca})[\text{Zr}(\text{Si}_3\text{O}_9)] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . В качестве примеси содержит до 0,5%  $(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5$ .

Гекс. с. Кристаллы тонкопластинчатые, гексагонального вида.

Цвет светло-желтый до желтовато-бурого. Сп. совершенная по (0001). Тв. 5—6. Уд. в. 2,75. П. п. тр. сплавляется в белую эмаль.

*Происхождение.* Гидротермальный, образуется в связи с постмагматическим изменением нефелиновых пород как вторичный продукт по минералам ряда эвдиалита — эвколита.

*Спутники.* Полевой шпат, нефелин, роговая обманка, астрофиллит, эвколит, сфен.

*Месторождения.* В СССР: в Хибинах — центральные части щелочных массивов в зоне развития фойяитов.

#### ГРУППА ЭВДИАЛИТА

**206. Эвдиалит**  $\text{Na}_4\text{Ca}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9]_2$ . Содержание  $\text{ZrO}_2$  достигает 15%,  $\text{Cl}$  — 1,5%. Обычны примеси Fe. Различают: эвдиалиты — преобладает Na, эвколиты — преобладает Ca и мезодиалиты — промежуточные члены этого ряда.

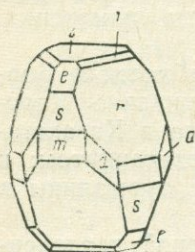


Рис. 134. Эвдиалит:  $c(0001)$ ,  $m(10\bar{1}0)$ ,  $a(11\bar{2}0)$ ,  $e(01\bar{1}2)$ ,  $s(02\bar{2}1)$ ,  $r(10\bar{1}1)$ ,  $z(10\bar{1}4)$

Триг. с.; вид симм.  $L_6^3 3L^2 3PC$ . Кристаллы представляют собой комбинации различных форм, часто с преобладанием ромбоэдров (рис. 134).

Цвет эвдиалита и мезодиалита обычно малиновый, розово-красный; в парагенезисе с энigmatитом мезодиалит всегда грязно-бурого или красно-бурого цвета; эвколит — более бурый. Сп. неясная. Тв. 5—5,5. Уд. в. 2,84—2,98.

П. п. тр. легко плавятся в светло-зеленое стекло. Легко растворяются в кислотах с образованием студня.

*Происхождение.* Пегматитовые, в связи с нефелиновыми сиенитами. Минералы редкие, но местами имеют широкое распространение и встречаются в таком большом количестве, что привлекают к себе внимание в качестве возможной руды на цирконий. Эвдиалит и мезодиалит встречаются в парагенезе с лампрофиллитом, энigmatитом, эгирином и ринколитом. Парагенезис эвколита: нефелин, сфен, астрофиллит, альбит, роговая обманка. Наиболее ранними по времени выделения являются эвдиалиты и мезодиалиты.

Продукты изменения: циркон, катаплеит. При выветривании концентрируется свободная  $\text{ZrO}_2$ .

## II. ЦЕПОЧЕЧНЫЕ СИЛИКАТЫ

#### ГРУППА СИЛЛИМАНИТА

**207. Силлиманит**  $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  63,2;  $\text{SiO}_2$  36,8).

Ромб. с., вид. симм.  $3L^2 3PC$ . Тонкие игольчатые кристаллы и волокнистые массы; редко крупные кристаллы.

Цвет светло-коричневый и серый. Блеск стеклянный. Сп. совершенная по (010). Тв. 6—7. Уд. в. 3,23.

П. п. тр. не плавится. Кислоты не действуют.

*Происхождение.* Метаморфический, встречается в кристаллических сланцах. Характерен для глубоких горизонтов зоны метаморфизма.

*Спутники.* Андалузит  $\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)$ , кордиерит  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 \times \text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$ .

*Значение.* Ценное керамическое сырье.

Общая формула пироксенов  $R_2[Si_2O_6]$ , где  $R=Ca, Mg, Fe^{2+}$ , иногда  $Mn$ . Некоторые пироксены содержат  $Al, Fe^{3+}$  и щелочи, главным образом  $Na$ . Кристаллизуются в ромбической и моноклинной сингониях.

Кристаллы квадратных очертаний, обычно укороченные, в отличие от удлиненных кристаллов, характерных для группы амфиболов (см. стр. 142). Сп. ясная по (110). Трещинки спайности на поперечных сечениях располагаются под углом около  $90^\circ$  (у амфиболов они пересекаются под углом  $120^\circ$ ). В отношении оптических свойств для большинства пироксенов характерны положительный оптический знак и слабый плеохроизм.

Ромбические пироксены.

Представляют собой изоморфный ряд с крайними членами  $Mg_2[Si_2O_6]$  и  $Fe_2[Si_2O_6]$ . Кристаллографические, оптические и другие свойства их изменяются в зависимости от состава, как и в случае минералов группы оливина.

*Происхождение.* Магматические — порообразующие минералы основных изверженных горных пород, бедных кремнеземом. Иногда наблюдаются в метеоритах.

*Спутники.* Оливин  $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$ , серпентин  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ , тальк  $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$ , хондродит, магнетит  $FeFe_2O_4$  и апатит  $Ca_5(F, Cl)[PO_4]_3$ . Вторичные продукты: тальк и серпентин, нередко образующие псевдоморфозы по ромбическим пироксенам.

**208. Энстатит**  $Mg_2[Si_2O_6]$  ( $MgO$  40,0;  $SiO_2$  60,0). Почти постоянно присутствует  $FeO$  (в количестве менее 5%) и  $Al_2O_3$ .

Кристаллы (рис. 135) достигают крупных размеров; обычно сильно изменен.

Цвет желтовато-зеленоватый и светло-серый. Блеск перламутровый с металлическим отблеском. Тв. свежих образцов 5,5. Уд. в. 3,1—3,2.

П. п. тр. не плавится.  $HCl$  не действует.

**209. Бронзит**  $(Mg, Fe)_2[Si_2O_6]$ . Содержит до 15%  $FeO$ .

Сложение зернистое. Цвет зеленый, желтый, коричневый. Блеск на плоскостях спайности, напоминает блеск бронзы. Тв. для свежих образцов 5,5. Уд. в. 3,2—3,3.

П. п. тр. плавится с трудом.  $HCl$  не действует.

**210. Гиперстен**  $(Fe, Mg)_2[Si_2O_6]$ . Содержание  $FeO$  свыше 15% и может превышать содержание  $MgO$ .

Встречается в виде сплошных масс и зернистых агрегатов.

Цвет темно-коричневый, темно-серый и коричнево-зеленый. Блеск на плоскостях спайности напоминает блеск металла, как у бронзита. Тв. около 6. Уд. в. 3,4—3,5.

П. п. тр. плавится в зеленовато-черное магнитное стекло.

Моноклинные пироксены

В этом ряду различаются: пироксены, не содержащие глинозема (диопсид — геденбергит), содержащие глинозем в значительном количестве (диаллаг, авгит) и щелочные (сподумен, жадеит и эгирин).

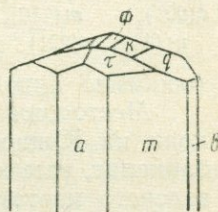


Рис. 135. Энстатит:  
 $a(100)$ ,  $b(010)$ ,  
 $m(110)$ ,  $\Phi(016)$ ,  
 $k(012)$ ,  $q(023)$ ,  
 $\tau(223)$

**211. Диопсид**  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  (CaO 25,9; MgO 18,5;  $\text{SiO}_2$  55,6). Почти всегда содержит небольшое количество FeO.

Кристаллы призматические, иногда крупные и хорошо образованные (рис. 136); также сплошные зернистые массы. Часто наблюдаются двойники по (100).

Цвет белый, серый, серовато-зеленый. Сп. не вполне ясная, по призме (110) средняя. Некоторые диопсиды обнаруживают отдельность по (102). Тв. 5,5—6. Уд. в. 3,2—3,38.

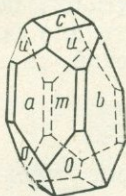


Рис. 136. Диопсид:  
a(100), b(010),  
c(001), m(110),  
u(111), o(221)

П. п. тр. диопсиды, бедные железом, плавятся с трудом; HCl действует слабо.

*Разновидности.* Хромовый диопсид (хром-диопсид) содержит до 3%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и до 7,5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; изумрудно-зеленые кристаллы и зерна в некоторых оливковых породах.

*Происхождение.* Контактново-метаморфическое — один из наиболее распространенных минералов в контактах с известняками.

*Спутники.* Кальцит, волластонит  $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ , тремолит  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ , форстерит  $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ , скаполит, шпинель, слюда (флогопит), хлорит, гранат (особенно андрадит), сфен  $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$  и апатит  $\text{Ca}_5(\text{Cl}, \text{F})[\text{PO}_4]_3$ .

*Месторождения.* В СССР: Ахматовская и Максимилиановская копи на Южном Урале; р. Слюдянка на юге Байкала — железистый байкалит, там же лавровит (ванадийсодержащая (?) разновидность зеленого цвета) и совершенно бесцветный сахаровидный диопсид; на р. Алдан — серовато-зеленые крупные кристаллы и зернистые массы.

**212. Геденбергит**  $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  (CaO 22,2; FeO 29,4;  $\text{SiO}_2$  48,4) — железистый аналог диопсида. Иногда содержит Mn, до почти полного замещения железа. Кристаллы имеют несколько отличную от кристаллов диопсида форму (рис. 137).

Цвет черный или густой темно-зеленый. Тв. 5,5. Уд. в. 3,55. П. п. тр. легко плавится.

*Разновидности.* Ш е ф ф е р и т — марганцевая разновидность коричневого цвета, содержит MnO (до 10%), MgO (до 15%), FeO (до 15%). Д ж е ф ф е р с о н и т — цинково-марганцевая разновидность зеленовато-черного цвета, содержит ZnO (до 10%), MnO (до 10%), FeO, MgO и др.

**213. Диаллаг** (листоватый авгит) — переходная разновидность от геденбергита к авгиту. Содержит до 16% FeO и около 1—4%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Характеризуется совершенной отдельностью по (100) и нахождением среди основных изверженных пород вместе с ромбическими пироксенами, особенно гиперстеном.

К п. тр. и кислотам относится, как диопсид, но плавится легче последнего.

При выветривании переходит в вещество, сходное с тальком или серпентином.

**214. Авгит**  $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})[(\text{Al}, \text{Si})_2\text{O}_6]$ . Содержит Mn и Ti.

Кристаллы характерного вида (рис. 138). Часто наблюдаются оплавленные кристаллы и сплошные зернистые массы. Встречаются двойники (рис. 139).

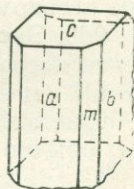


Рис. 137. Геденбергит:  
a(100),  
b(010),  
c(001),  
m(110)

Цвет темно-зеленый до черного. Цвет черты светлый. Сп. несовершенная. Излом раковистый. Тв. 6,5. Уд. в. 3,3—3,6.

П. п. тр. легко плавится в черном магнитный шарик. Горячая HCl заметно действует на авгит, особенно на содержащий Ti.

**Разновидности.** Обыкновенный авгит, темно-зеленого и зеленовато-черного цвета. Базальтический авгит, со значительным содержанием Ti и Mn; просвечивает в тонких пластинках красновато-коричневым цветом. Находится в вулканических породах: андезитах, фонолитах, базальтах, мелафирах, туфах.

**Происхождение.** Магматический — в жильных и излившихся горных породах; контактовый — в известняках.

**Спутники.** Магнетит  $FeFe_2O_4$ , оливин  $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$ , нефелин  $Na[AlSiO_4]$ , амфиболы. Продукты изменения: роговая обманка (уралит), хлорит, эпидот  $Ca_2(Al, Fe)_3O(OH)[SiO_4][Si_2O_7]$ , каолинит  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$ , селадонит.

**215. Сподумен**  $LiAl[Si_2O_6]$  ( $Li_2O$  8,1;  $Al_2O_3$  27,4;  $SiO_2$  64,5). Примеси  $Na_2O$  и  $Cr_2O_3$ . Нахождением последнего объясняется зеленая окраска некоторых сподуменов.

Кристаллы призматические, удлиненные, до нескольких метров; одиночные, включенные в породу (рис. 140). Светло-зеленый до изумрудно-зеленого, желтый, красновато-фиолетовый; белый, серый иногда бесцветен. Сп. совершенная. Тв. 6,5—7. Уд. в. 3,13—3,20. Легко выветривается.

П. п. тр. легко плавится, окрашивая пламя в красный цвет. При прокаливании распадается в порошок; HCl не действует.

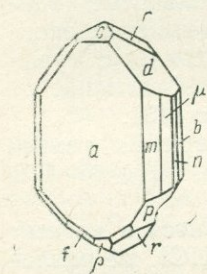


Рис. 140. Сподумен: a(100), b(010), c(001), m(110), μ(120), n(130), d(021), p(111), r(221), f(211)

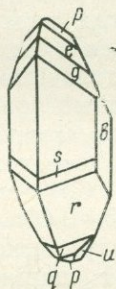


Рис. 141. Гидденит: b(010), m(110), r(221), u(243), s(441), g(681), e(241), p(111), q(332)

**Разновидности.** Гидденит, зеленый за счет хрома; драгоценный камень (рис. 141). Кунцит, светло-фиолетовый; содержит  $ZnO$  (0,44%) и  $MnO$  (0,11%); драгоценный камень.

**Происхождение.** Встречается в пегматитовых жилах. Принадлежит к числу редких минералов, но в ряде месторождений находится в большом количестве.

**Спутники.** Кварц, слюда, альбит  $Na[AlSi_3O_8]$ , касситерит  $SnO_2$ , лепидолит, турмалин, петалит  $Li[AlSi_4O_{10}]$ , берилл  $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$ , танталит  $(Mn, Fe)(Ta, Nb)_2O_6$ , рутил  $TiO_2$ , апатит  $Ca_5(Cl, F)[PO_4]_3$ , литиофилит  $Li(Mn, Fe)[PO_4]$ , трифилин  $Li(Fe, Mn)[PO_4]$ , амблигонит  $LiAlF[PO_4]$ , иногда гюбнерит  $MnWO_4$ .

**Месторождения.** В СССР: в Забайкалье — с касситеритом; в Казахстане — оловоносные пегматиты с розовым турмалином, лепидолитом,

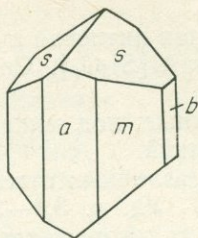


Рис. 138. Авгит: a(100), b(010), m(110), s(111).

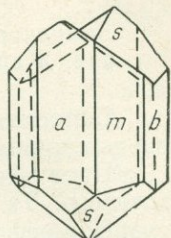


Рис. 139. Двойник авгита

поллуцитом; оловоносные пегматиты в Средней Азии. За границей: Кейстон в Южн. Дакоте, США — кристаллы до 14 м длиной, весом до 90 т.

*Значение.* Важная литиевая руда.

**216. Жадеит**  $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Содержит в небольшом количестве железо.

Сплошные плотные, под микроскопом спутанноволокнистые массы; очень прочный и вязкий.

Цвет зеленый различных оттенков: от бледного до темного луково-зеленого. Тв. 6,5—7. Уд. в. 3,3—3,5. По внешнему виду и вязкости сходен с нефритом, от которого трудно отличим.

П. п. тр. легко плавится в прозрачный шарик. После сплавления в  $\text{HCl}$  не разлагается.

*Происхождение.* Глубинный метаморфический. В Верхней Бирме встречается в связи со змеевиками. Условия образования жадеита изучены плохо.

*Значение.* Ценный поделочный камень наравне с нефритом. В древности служил для изготовления молотков и топоров.

**217. Эгирин**  $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  ( $\text{Na}_2\text{O}$  13,4;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  34,6;  $\text{SiO}_2$  52,0). Кроме того, содержит  $\text{FeO}$ , иногда до 10% и более, и немного  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MnO}$ .

Кристаллы призматические, крупные, иногда тонкие, игольчатые, одиночные или в виде волокнистых скоплений; одиночные кристаллы с тупыми головками (рис. 142), в отличие от кристаллов акмита (рис. 143).

Цвет зеленовато-черный, темно-зеленый. Сп. средняя. Тв. 6—6,5. Уд. в. 3,43—3,60.

П. п. тр. легко плавится в черный магнитный шарик. В  $\text{HCl}$  не разлагается.

*Разновидности.* Акмит, отличается от эгирина малым содержанием закисного железа и бурым или красновато-бурым цветом.

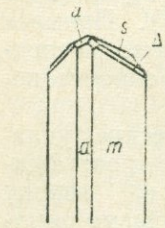


Рис. 142. Эгирин:  
 $a(100)$ ,  $m(110)$ ,  
 $s(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ ,  $u(111)$ ,  
 $\Delta(592)$

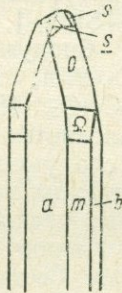


Рис. 143. Акмит:  
 $a(100)$ ,  $b(010)$ ,  
 $m(110)$ ,  $s(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ ,  
 $s(311)$ ,  $\Omega(881)$

*Происхождение.* Встречается в связи с нефелиновыми сиенитами вместе с другими продуктами кристаллизации остаточного расплава.

*Спутники.* В нефелиновых сиенитах: нефелин  $(\text{Na}, \text{K})[\text{AlSiO}_4]$ , канкринит, эвдиалит, арфведсонит, астрофиллит, лампрофиллит, натролит  $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , апатит  $\text{Ca}_5(\text{Cl}, \text{F})[\text{PO}_4]_3$ . Как вторичный продукт по акмиту известен анальцит  $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

*Месторождения.* В СССР. Вишневые горы на Урале, Хибины.

#### ГРУППА ЭНИГМАТИТА

**218. Энигматит.**  $\text{Na}_2\text{Fe}_5\text{O}_2[\text{Ti}(\text{Si}_2\text{O}_6)]_3$  содержит также алюминий и окись железа (до 7,5%  $\text{TiO}_2$ , до 36%  $\text{FeO}$ ).

Цвет бархатно-черный. Черта красновато-коричневая. Хрупкий. Сп. ясная. Тв. 5,5. Уд. в. 3,7—3,8.

П. п. тр. плавится легко. Кислотами частично разлагается.

*Происхождение.* Магматический — в элеолитовых сиенитах.

*Спутники.* Элеолит  $(\text{Na}, \text{K})[\text{AlSiO}_4]$ , полевые шпаты, эгирин  $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ .

*Месторождения.* В СССР: Кольский полуостров. За границей: Гренландия.

#### ГРУППА ПИРОКСЕНОИДОВ

**219. Родонит** (орлец)  $\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$ ; упрощенная формула  $\text{Mn}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$  ( $\text{MnO}$  54,1;  $\text{SiO}_2$  45,9). Марганец замещается железом, кальций — иногда цинком.

Трикл. с.; вид симм. С. Кристаллы редки; встречается в сплошных зернистых и плотных массах.

Цвет розовый. Часто пронизан черными прожилками и пятнами окислов марганца. Сп. совершенная по (110) и  $(\bar{1}\bar{1}0)$ . Тв. 5,5—6,5. Уд. в. 3,4—3,75.

П. п. тр. чернеет и легко сплавляется со слабым вспучиванием. С бурой дает реакцию на марганец.  $\text{HCl}$  не действует.

*Разновидности.* Фовлерит — цинксодержащий родонит.

*Происхождение.* Контактный.

*Спутники.* Гранаты. Продукты изменения: окислы марганца, родохрозит  $\text{MnCO}_3$ .

*Месторождения.* В СССР: селение М. Седельниково в Свердловской области на Урале.

*Значение.* Ценный поделочный камень; иногда используется в качестве руды на марганец.

**220. Волластонит** (дошчатый шпат)  $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$  ( $\text{CaO}$  48,3;  $\text{SiO}_2$  51,7).

Мон. с.; вид симм. С. Кристаллы плоские (рис. 144), таблицеобразные. Чаше встречается в виде лучисто-шестоватых и скорлуповатых агрегатов.

Цвет белый. Сп. совершенная по (100). Тв. 4,5—5. Уд. в. 2,8—2,9.

П. п. тр. плавится с трудом. В  $\text{HCl}$  разлагается с выделением студенистого кремнезема.

*Происхождение.* Контактный; характерен для высокотемпературных контактовых зон в известняках.

*Спутники.* Кальцит  $\text{CaCO}_3$ , диопсид  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , андрадит  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$ , эпидот  $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{O}(\text{OH})$ ,  $[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$ , везувиян, титанит  $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$ .

*Значение.* Керамическое сырье.

**221. Пектолит**  $\text{Na}(\text{Ca}, \text{Mn})_2[\text{Si}_3\text{O}_8(\text{OH})]$  ( $\text{Na}_2\text{O}$  9,3;  $\text{CaO}$  33,8;  $\text{SiO}_2$  54,2;  $\text{H}_2\text{O}$  2,7).

Трикл. с. Образует плотные агрегаты игольчатых кристаллов. Цвет белый или серый. Блеск на плоскости излома шелковистый. Сп. совершенная по (100) и (001). Тв. 5. Хрупкий.

П. п. тр. легко плавится, дает белую эмаль. В  $\text{HCl}$  частично разлагается с выделением студенистого кремнезема. Часто при разбивании в темноте светится.

*Происхождение.* Гидротермальный. Встречается вместе с цеолитами в пустотах основных изверженных пород, изредка в нефелиновых сиенитах.

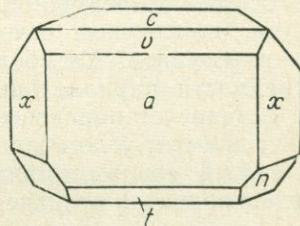


Рис. 144. Волластонит:  $a(100)$ ,  $c(001)$ ,  $x(120)$ ,  $v(101)$ ,  $t(101)$ ,  $n(322)$

*Спутники.* Апофиллит  $\text{KCa}_4\text{F}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , натролит  
 $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , пренит  $\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{OH})_2 \cdot \text{Si}_3\text{O}_{10}$ , кальцит.

#### ГРУППА СТОКЕЗИТА

**222. Стокезит**  $\text{CaSn}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (CaO 13,2;  $\text{SnO}_2$  35,7;  $\text{SiO}_2$  42,6;  $\text{H}_2\text{O}$  8,5).

Ромб. с. Кристаллы остропирамидального вида.

Бесцветен. Блеск перламутровый. Сп. совершенная по призме. Тв. 6. Уд. в. 3,18.

П. п. тр. не плавится. В HCl не разлагается.

*Происхождение.* Встречен с аксинитом (в условиях контакта с известняками?) в Роскоммен Клифф, Корнуэлл, Англия. Очень редок.

### III. ЛЕНТОЧНЫЕ СИЛИКАТЫ

#### ГРУППА АМФИБОЛОВ

Общая формула  $\text{R}_7^+(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ , R=Ca, Mg, Fe. Кроме того, в состав амфиболов могут входить трехвалентные Al, Fe; в этом случае излишняя валентность компенсируется одновременным вхождением одновалентного натрия вместо R<sup>+</sup> или же приобретением дополнительной отрицательной валентности вследствие замещения кремния алюминием.

Амфиболы кристаллизуются в ромбической (вид симм.  $3L^23PC$ ) и моноклиной (вид симм.  $L^2PC$ ) сингониях. Кристаллы амфиболов обычно сильно удлинённые до игольчатых, часто в виде волокон — асбестовидные амфиболы. Крупные кристаллы — гексагонального габитуса; поперечные сечения гексагональной формы вместо квадратной у пироксенов. Сп. более совершенная, чем у пироксенов. Плоскости спайности параллельны (110) и пересекаются под углом около  $120^\circ$ , в отличие от пироксенов, у которых спайные трещинки проходят почти под прямым углом друг к другу. На плоскостях спайности наблюдается сильный перламутровый блеск. Оптически амфиболы отрицательны и плеохроичны в отличие от пироксенов.

#### Ромбические амфиболы

**223. Антофиллит**  $(\text{Mg, Fe})_7(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ . Иногда присутствует Al.

Кристаллы редки. Обыкновенно встречаются сплошные или лучистые, волокнистого сложения, асбестовидные и шестоватые агрегаты.

Цвет светло-коричневый, желтовато-коричневый, серый, иногда зеленоватый. Сп. совершенная. Тв. 5,5—6. Уд. в. 3,1—3,2.

П. п. тр. плавится с трудом в черную магнитную эмаль. Кислоты не действуют.

*Разновидности.* Асбестовидный антофиллит — в виде длинных мягких тонковолокнистых масс; от хризотил-асбеста (стр. 153) отличается длиной волокон и кислотоупорностью. Жедрит — содержит много железа и до 22%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , известен на Борзовке (Средний Урал).

*Происхождение.* Метаморфический. Встречается в кристаллических сланцах.

*Спутники.* Роговая обманка, корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

*Месторождения.* В СССР: Сысертское на Урале, в Свердловской области, — антофиллит-асбестовое.

### Моноклинные амфиболы

**224. Тремолит**  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ . Почти всегда содержит в большом количестве Fe (3% FeO).

Кристаллы удлинённые, иногда игольчатые; поперечное сечение ромбовидное.

Цвет серый, белый, светло-зеленый, желтоватый; иногда бесцветен. Сп. совершенная. Хрупок. Тв. 5,5—6. Уд. в. 2,9—3,1.

П. п. тр. плавится с трудом. Кислоты не действуют.

*Разновидности.* Тремолит-асбест — тонковолокнистый, мягкий, волокна обычно длинные. От хризотил-асбеста отличается кислотоупорностью. Нефрит — плотный, скрытокристаллический, под микроскопом обнаруживает волокнистое сложение; цвет белый или светло-зеленоватый. По внешнему виду сходен с жадеитом, так же как и последний отличается большой вязкостью и прочностью.

*Происхождение.* Метаморфический — в контактах изверженных пород с известняками и доломитами и в кристаллических сланцах.

*Спутники.* Диопсид  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , шпинель  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ , форстерит  $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ , серпентин  $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , апатит  $\text{Ca}_5(\text{Cl}, \text{F})[\text{PO}_4]_3$ , кальцит, титанит  $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$ . Вторичные продукты: тальк, серпентин.

**225. Актинолит**  $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$ . Содержит до 13% FeO.

Кристаллы по виду напоминают тремолит.

Цвет от светло-зеленого до темно-зеленого. Тв. 5,5—6. Уд. в. 3,17. В отношении всех остальных свойств, генезиса и спутников сходен с тремолитом.

*Разновидности.* Те же, что и у тремолита: актинолит-асбест и нефрит. Последний по сравнению с тремолитовым нефритом окрашен в более яркий зеленый цвет и чаще встречается.

**226. Грюнерит**  $\text{MgFe}_6(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ .

Волокнистый или таблитчатый. Цвет бурый. Минерал кристаллических сланцев.

**227. Роговые обманки.**  $(\text{Ca}, \text{Na})_m(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_n(\text{OH})_2[\text{Al}, \text{Si}]_4\text{O}_{11}]_2$ , где  $m+n=7$ . От минералов группы тремолита отличаются содержанием  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и щелочей; OH в них иногда частично замещается Cl, F.

Кристаллы гексагонального вида (рис. 145), одиночные и в сплошных массах. Кроме того, известны асбестовидные разновидности роговых обманок.

Цвет темно-зеленый до черного. Сп. совершенная. Тв. 6. Уд. в. 3,4.

П. п. тр. плавится. HCl действует только после сплавления.

*Разновидности.* Обыкновенная роговая обманка — темно-зеленая. Базальтическая роговая обманка — смоляно-черного цвета, часто содержит Ti и Mn, находится в базальтах, трахитах, вулканических туфах; уралит — волокнистого сложения, продукт изменения пироксенов, особенно авгита.

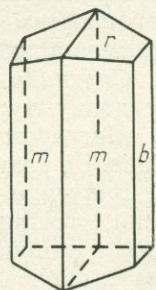


Рис. 145. Роговая обманка:  $b(010)$ ,  $m(110)$ ,  $r(011)$

*Щелочные роговые обманки.* Рибекит  $\text{Na}_2\text{Fe}_3\cdot\text{Fe}^{2+}(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ . Встречается в виде вкрапленных призматических кристаллов; иногда лучистый, похожий на турмалин. Цвет темно-синий до черного. Известен преимущественно в щелочных горных породах. Крокидолит — асбестовидная разновидность рибекита. Волокнистый, волокна длинные, иногда сплошной. Замещенные кварцем крокидолиты называются: тигровый глаз — желтого цвета, плотный, жилковатой структуры, и соколиный глаз — синий, также плотный и жилковатый, с характерным шелковистым отливом. Арфведсонит  $(\text{Ca}, \text{Na})_3(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_4(\text{OH})_2[(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{11}]_2$  — длинные призматические кристаллы, иногда таблитчатые, черного цвета. П. п. тр. легко плавится в магнитное стекло. Характерный минерал щелочных горных пород. Рихтерит  $(\text{Ca}, \text{Mn}, \text{K}, \text{Na})_3\text{Mg}_4(\text{OH})_2[(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{11}]_2$  — содержит много марганца (до 12%), образует удлиненные кристаллы часто в виде игл. Встречается в контактах — в известняках, с магнетитом. Глаукофан  $(\text{Ca}, \text{Na})_3(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_4(\text{OH})_2[(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{11}]_2$  обычно в виде плотных волокнистых или столбчатых образований. Цвет синий. Тв. 6—6,5. Уд. в. 3—3,15. Встречается в слюдяных и других кристаллических сланцах.

#### IV. ЛИСТОВЫЕ СИЛИКАТЫ

##### ГРУППА ТАЛЬКА—ПИРОФИЛЛИТА

**228. Тальк**  $\text{Mg}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$  (MgO 31,7; SiO<sub>2</sub> 63,5; H<sub>2</sub>O 4,8).

Мон. с. Встречается в виде листовато-кристаллических или сплошных скрытокристаллических масс.

Структура схематически изображена на рис. 146.

Цвет светло-зеленый до белого. Сп. весьма совершенная. Тв. 1. Жирный на ощупь. Гибкий в тонких листочках. Уд. в. 2,7—2,8.

П. п. тр. плавится с трудом в тонких краях. Кислоты не действуют.

*Разновидности.* Стеатит — плотный тальк. Горшечный камень — загрязненный плотный тальк. Агалит — тонковолокнистая разновидность. Благородный тальк — прозрачный, светло-зеленый, иногда бесцветный.

*Происхождение.* Подобно серпентину, представляет собой продукт метаморфизма магнезиальных силикатов: оливина, ромбических пироксенов и др.

*Спутники.* Серпентин  $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , доломит  $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ , актинолит, турмалин, магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ , железный блеск  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

*Месторождения.* В СССР: Нижне-Исетское и Шабры на Среднем Урале. За границей: Циллertаль в Тироле.

*Значение.* Кислото- и огнеупорный материал. Идет для изготовления электрических изоляторов. Чистые разности употребляются для смазки машин и изготовления пудры, также в бумажном, резиновом и других производствах.

**229. Пирофиллит**  $\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$  (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 28,3; SiO<sub>2</sub> 66,7; H<sub>2</sub>O 5,0).

Мон. с. Лучисто-листоватый в виде сферолитов и плотный.

Структура идентична структуре талька.

Цвет белый, яблочно-зеленый, иногда желтовато-розовый, буроватый. Блеск перламутровый. Гибкий в тонких листочках. Сп. весьма совершенная. Тв. 1. Жирный. Уд. в. 2,8—2,9. Напоминает тальк, от которого трудно отличим.

П. п. тр. вспучивается, образуя листоватые выросты. Кислоты действуют слабо.

*Разновидности.* Агальматолит — плотный, стеатитоподобный.

*Происхождение.* Продукт метаморфизма некоторых алюмосиликатов (пиррофиллитовые сланцы); гидротермальный — в кварцевых жилах.

*Спутники.* Кварц, андалузит  $Al_2O[SiO_4]$ , кианит  $Al_2O[SiO_4]$ , тальк  $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$ , каолинит  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$ .

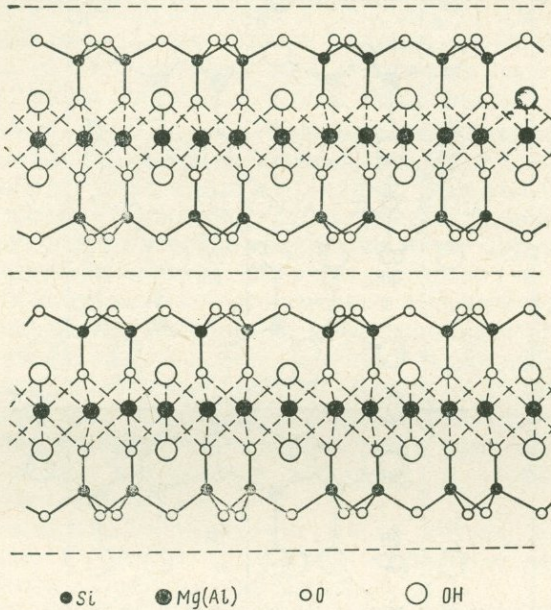


Рис. 146. Структура талька в проекции вдоль оси  $c$

*Месторождения.* В СССР: Березовское близ Свердловска; Овручские в Житомирской области.

*Значение.* Заменяет тальк; служит для изготовления наконечников для форсунок.

#### ГРУППА СЛЮД

Представляют собой алюмосиликаты, в листовой структуре которых на каждые три кремнекислородных тетраэдра приходится один алюмокислородный. Состав сложный, вследствие разнообразных примесей. Нижеприведенные формулы отвечают идеальному составу слюд. Кристаллизуются в моноклинной сингонии, вид симм.  $L^2PC$ . Кристаллы в виде тонких листочков, таблитчатые, реже бочонко- и веретеновидные, удлиненные по оси  $c$  ( $\perp$  спайности); чешуйчатые сплошные массы.

Структура схематически изображена на рис. 147.

Сп. весьма совершенная в одном направлении по (001). Листочки упругие. При расщеплении в темноте иногда наблюдается свечение (триболоминесценция). Некоторые слюды обнаруживают астеризм —

явление световой звезды при рассматривании через слюду светящегося предмета. При резком ударе острием на слюдах возникают «фигуры удара» в виде шестилучевой звезды, длинный луч которой всегда направлен параллельно (010). В зависимости от положения плоскости

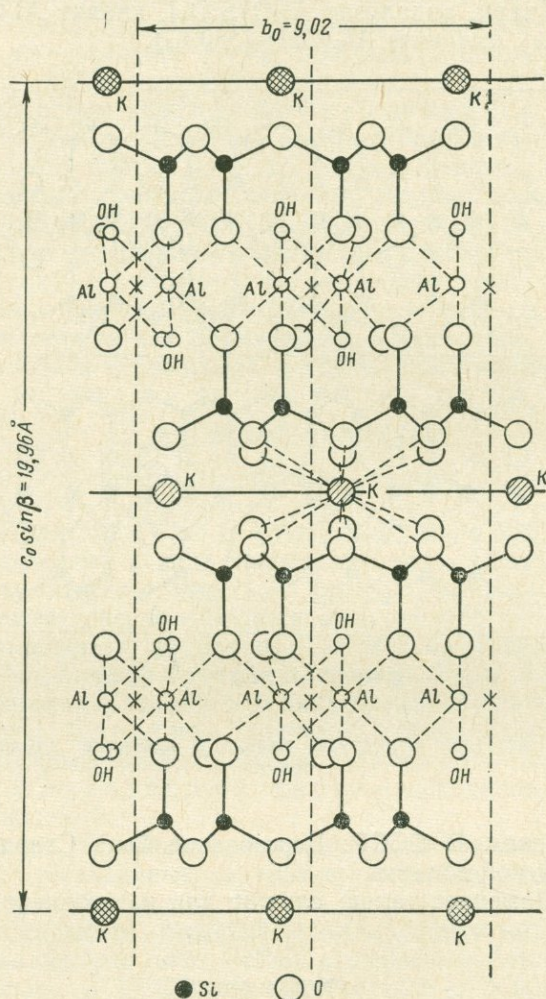


Рис. 147. Структура мусковита в проекции на плоскость, перпендикулярную оси  $a$

оптических осей  $\perp$  или  $\parallel$  (010), различают соответственно слюды I и II рода.

Тв. около 2. Уд. в. до 3,2. Отличаются высокими диэлектрическими свойствами и огнестойкостью.

По цвету различают: светлые слюды, к ним относятся парагонит и мусковит, они I рода; темные слюды — биотит и флогопит, II рода.

Происхождение постмагматическое, пегматитовое, пневматолитическое и метаморфическое (в сланцах).

**230. Парагонит**  $\text{NaAl}_2(\text{OH}, \text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ .

Слюда белая, мелкочешуйчатая. Слагает сланцы с кианитом и ставролитом. Сравнительно редкая. Месторождения парагонита известны в Швейцарии, гора Компионе.

**231. Мусковит**  $\text{KAl}_2(\text{OH}, \text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ .

Светлый и светло-коричневый, дымчатый; иногда бесцветен. Породообразующий минерал гранитов и сланцев. Промышленный мусковит добывается из пегматитовых жил, в которых он находится вместе с кварцем и полевым шпатом, а иногда бериллом и турмалином.

*Разновидности.* Серицит — мелкокристаллическая гидротермальная слюда; продукт разрушения полевых шпатов и многих других алюмосиликатов; образует серицитовые сланцы. Жильбертит — близок к серициту, но более крупнокристаллический. По сравнению с нормальным мусковитом более мягкий и гибкий, но менее упругий; светло-зеленого цвета. Гидротермальный, образует оторочки в гипотермальных рудных жилах и в грейзенах часто вместе с розовым флюоритом; иногда в виде сплошных тонкозернистых масс выполняет промежутки между другими минералами в жилах. Серицит и жильбертит являются гидратизированными слюдами и стоят близко к гидрослюдам. Фуксит — хромовая слюда изумрудно-зеленого цвета, обычно мелкочешуйчатая, образуется в результате околожильного изменения (доломитизации) боковых пород; встречается, например, в листовниках Березовского месторождения на Урале.

Кроме упомянутых, существует много других, преимущественно мелкочешуйчатых и плотных разновидностей мусковита, являющихся продуктами изменения различных минералов.

*Месторождения.* В СССР: Мамское по р. Витиму в Восточной Сибири — слюдяные гранитные пегматиты в слюдяных сланцах и гнейсах; Канское, Восточная Сибирь — также в пегматитах; того же типа пегматиты Карелии и района Кыштыма на Урале. За границей: в Индии, Бразилии, США.

*Значение.* Крупнокристаллический мусковит пегматитовых жил используется в качестве диэлектрика в радио- и электропромышленности.

**232. Флогопит**  $\text{KMg}_3(\text{OH}, \text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ .

Цвет бурый разных оттенков. Встречается в магнезиальных скалах вместе с диопсидом и другими контактовыми минералами. Промышленный флогопит образует своеобразные жилы, в которых иногда встречаются кристаллы весом до 1 т. Классическими месторождениями флогопита являются Слюдянское на юге Байкала и многочисленные месторождения Алдана, Ковдорское на Кольском полуострове. За границей: месторождения Канады, штат Нью-Йорк в США и на Мадагаскаре. В жилах этих месторождений флогопит сопровождается диопсидом, скаполитом, апатитом, кальцитом. Продуктами изменения флогопита являются вермикулит и хлорит.

*Значение.* Ценный материал для электропромышленности.

**233. Биотит**  $\text{K}(\text{Fe}, \text{Mg})_3(\text{OH}, \text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ .

Цвет черный, разной интенсивности. Важнейший породообразующий минерал пород пониженной кислотности. Отчасти минерал пегматитов и сланцев. В пегматитовых жилах обычно предшествует мусковиту и иногда встречается в виде крупных кристаллов. Чисто железистый

стая разновидность биотита называется лепидомеланом. Крупные листы последнего известны в щелочных пегматитах Ильменских гор на Урале. Промышленного значения не имеет.

#### Литиевые слюды

##### 234. Циннвальдит $\text{KLiFe} \cdot \text{Al}(\text{F}, \text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ .

Цвет стально-серый. Встречается в виде сплошных листовато-зернистых масс и слюдяных оторочек в месторождениях оловянного камня. Распространение ограниченное.

##### 235. Лепидолит $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}(\text{F}, \text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ .

Цвет лепидолита светло-фиолетовый до красно-фиолетового. Встречается в виде листоватых скоплений и иногда плотных масс исключительно в пегматитах. Характерными спутниками являются: альбит, кварц, розовый и полихромный турмалин, фосфаты Al, Mn и Fe, иногда оловянный камень, колумбит, ростерит (щелочьсодержащая разновидность берилла) и сподумен.

*Месторождения.* За границей: крупные месторождения литиевых минералов, в том числе и лепидолита, известны в Канаде и в штате Мэн, США.

*Значение.* Руда лития.

#### группа гидрослюд

К этой группе относятся измененные гидратизированные слюды: гидромусковиты, гидрофлогопиты, гидробиотиты. Состав их непостоянный. При прокаливании они сильно вспучиваются, расщепляясь на тонкие листочки, при этом червеобразно изгибаются, откуда получили название вермикулитов.

**236. Гидромусковит (иллит)**  $(\text{K}, \text{H}_3\text{O})\text{Al}_2(\text{OH})_2[(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Является продуктом частичного гидролиза мусковита. Химический состав непостоянен. Содержание  $\text{K}_2\text{O}$  уменьшается по сравнению с мусковитом с 11,8 до 5 и даже до 2—3%; содержание  $\text{H}_2\text{O}$ , наоборот, возрастает с 4,5 до 8—9%, а  $\text{SiO}_2$  с 45,2 до 50—55%; содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  падает с 38,5 до 33—25%. Содержит примеси  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  и др.

Встречается в чешуйчатых и тонкопластинчатых белых массах, жирный на ощупь, обычно в смеси с каолинитом. Отдельные чешуйки менее упруги по сравнению с мусковитом.

*Происхождение.* Образуется при выветривании слюдяных сланцев, гнейсов. Является основным минералом месторождений глин, особенно огнеупорных.

**237. Гидробиотит**  $(\text{K}, \text{H}_3\text{O})(\text{Mg}, \text{Fe}^{\cdot})_3(\text{OH})_2[(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Продукт частичного гидролиза биотита. По сравнению с биотитом содержит меньше  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$  и больше  $\text{H}_2\text{O}$ .

Цвет золотисто-желтый до серебряного и белого.

##### 238. Вермикулит $(\text{Mg}, \text{Fe}^{\cdot}, \text{Fe}^{\cdot\cdot})_3(\text{OH})_2[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

Цвет бурый, желтовато-бурый, золотисто-желтый, иногда с зеленоватым оттенком. Блеск перламутровый или жирный. Сп. совершенная. Тв. 1—1,5. Листочки не упруги. Уд. в. 2,4—2,7. При нагревании п. п. тр. расслаивается и вспучивается, увеличиваясь по оси *c* в 20—30 раз.

*Происхождение.* Образуется гидротермальным путем и при выветривании за счет флогопита и биотита.

*Месторождения.* В СССР: Ковдорское на Кольском п-ове и Бул-

дымское на Урале. За границей: в США (штат Монтана) и в Зап. Австралии.

*Значение.* Термоизоляционный, звукопоглощающий, смазочный и водопоглощающий материал.

**239. Глауконит**  $K_{<1}(Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg)_{2-3}(OH)_2[Si_3(Si, Al)O_{10}] \times nH_2O$ .

Тонкочешуйчатый, землистый. Цвет зеленый разных оттенков. Блеск матовый, у плотных разновидностей стеклянный. Тв. 2—3. Уд. в. 2,2—2,9.

П. п. тр. плавится, образуя пузырчатую шлаковидную массу. В закрытой трубке выделяет воду.

*Происхождение.* Осадочный, за счет железистого материала илов, и, возможно, биогенный.

*Значение.* Может служить калиевым удобрением и как дешевая зеленая краска. Используется для смягчения жесткой воды.

#### ГРУППА ХЛОРИТОИДОВ

В составе минералов этой группы преобладают алюминий, закисное железо и кальций при малом содержании кремнезема. Отсутствуют щелочи. Хлоритоиды кристаллизуются в мон. с. Хорошо образованные кристаллы не встречаются, обычно сплошные, чешуйчато-зернистые массы. Структура аналогична структуре слюд. Сп. весьма совершенная в одном направлении. Листочки хрупкие, почему хлоритоиды иначе называются хрупкими слюдами. Тв. до 6,5.

**240. Маргарит**  $CaAl_2(OH)_2[Al_2Si_2O_{10}]$ .

Слюдоподобный. Тв. 3,5—4,5. Уд. в. 2,99—3,08. Цвет белый, розовый. Блеск перламутровый.

П. п. тр. оплавляется в краях. Кислоты действуют слабо.

**241. Хлоритоид**  $(Fe, Mg)_2Al_2(OH)_4[Al_2Si_2O_{10}]$ .

Листоватые и скорлуповатые агрегаты. Тв. 6,5. Уд. в. 3,52—3,57. Цвет от зеленовато-серого до темно-зеленого.

П. п. тр. сплавляется с трудом. HCl не действует. Вполне разлагается в  $H_2SO_4$ .

*Происхождение.* Метаморфический. Маргарит и хлоритоид встречаются в кристаллических сланцах и контактах.

*Спутники.* Корунд  $Al_2O_3$ , диаспор  $AlO_2$ , слюда, тальк  $Mg_3(OH)_2 \times [Si_4O_{10}]$ , хлорит.

*Месторождения.* В СССР: Косой Брод в районе Свердловска — в кристаллическом известняке с наждаком, диаспором и лимонитом.

#### ГРУППА ПРЕНИТА

**242. Пренит**  $Ca_2Al(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$  (CaO 27,1;  $Al_2O_3$  24,8;  $SiO_2$  43,7;  $H_2O$  4,4).

Структура не вполне выяснена.

Ромб. с. Кристаллы таблитчатые, иногда призматические. Одиночные кристаллы редки, обычно друзы, корочки, шаровидные и другие сростки лучисто-жилковатого сложения.

Цвет желтовато-зеленый, иногда бесцветен. Сп. средняя (по 001). Блеск на плоскостях спайности перламутровый. Тв. 6,5. Уд. в. 2,8—2,95. Электризуются при нагревании.

П. п. тр. легко плавится, вспучиваясь, в пузыристое стекло. Кислоты действуют слабо, но после прокаливании разлагается полностью с выделением студенистого кремнезема.

**Происхождение.** Гидротермальный — продукт разложения основных изверженных горных пород. Известны псевдоморфозы по анальциму, натролиту.

**Спутники.** Цеолиты, датолит  $\text{CaB}(\text{OH})[\text{SiO}_4]$ , пектолит  $\text{Na}(\text{Ca}, \text{Mn})_2[\text{Si}_3\text{O}_8(\text{OH})]$ , кальцит  $\text{CaCO}_3$ , эпидот  $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{O}(\text{OH}) \times \{\text{SiO}_4\}[\text{Si}_2\text{O}_7]$ , аксинит  $\text{Ca}_2(\text{Mn}, \text{Fe})(\text{OH})[\text{BO}_3][\text{Si}_4\text{O}_{12}]$ , иногда медь (Верхнее озеро и др.).

#### ГРУППА ХЛОРИТОВ

К группе хлоритов относятся минералы, по своему составу промежуточные между антигоритом  $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$  и амезитом  $\text{Mg}_4\text{Al}_2(\text{OH})_8[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$ , до амезита включительно и некоторые железистые и хромовые минералы. Характерно отсутствие в их составе щелочей и кальция.

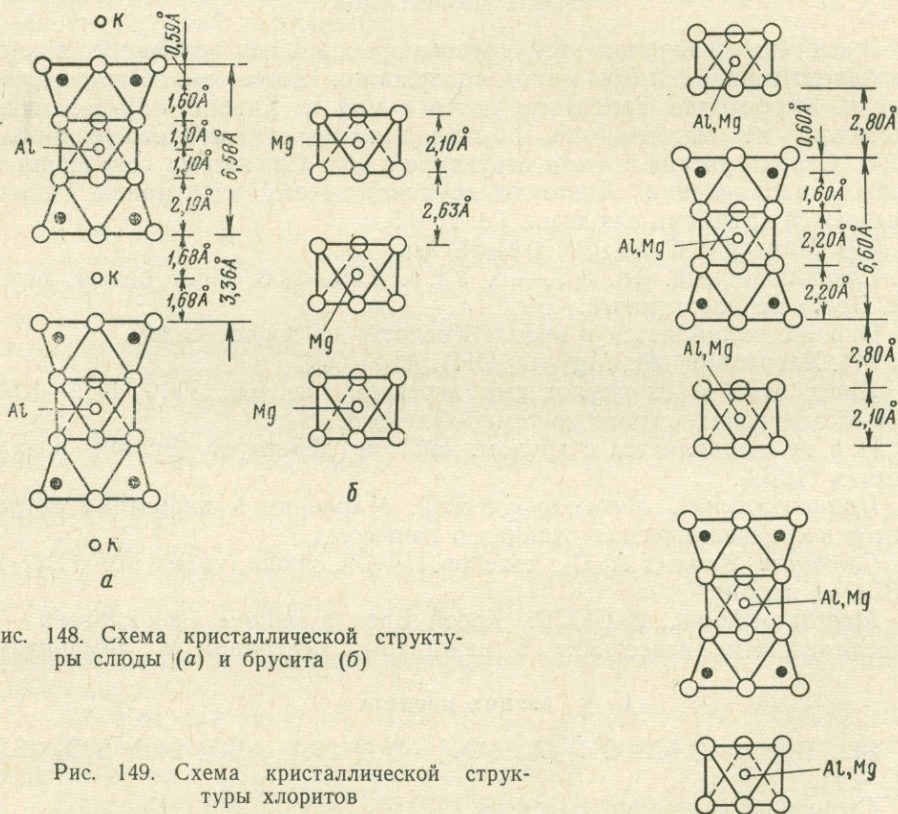


Рис. 148. Схема кристаллической структуры слюды (а) и брусита (б)

Рис. 149. Схема кристаллической структуры хлоритов

Кристаллизуются в моноклинной сингонии. Встречаются в виде сплошных зернистых и листоватых масс и друз таблитчатых кристаллов. Структура напоминает структуру слюды (см. рис. 142), но более сложная. Связующим звеном между алюмокремнекислородными слоями здесь служат бруситовые прослойки. Схематически структура хлоритов изображена на рис. 148 и 149.

Сп. весьма совершенная, как у слюды. Листочки гибкие, но не упругие. Тв. 2—2,5. Уд. в. 2,6—2,85. Цвет от светло-зеленого до темно-

зеленого, в зависимости от содержания железа. Хромовые хлориты фиолетового цвета, никелевые — яблочно- и изумрудно-зеленые.

Хлориты преимущественно вторичные минералы. Образуются в контактах и в связи с гидротермальными процессами по биотиту, амфиболам, гранатам; реже встречаются как независимые выделения в жилах.

#### Обыкновенные хлориты (ортохлориты)

**243—245. Пеннин**  $(Mg, Fe)_5Al(OH)_8[AlSi_3O_{10}]$ , **клинохлор**  $(Mg, Fe)_{4,75}Al_{1,25}(OH)_8[Al_{1,25}Si_{2,75}O_{10}]$ , **прохлорит**  $(Mg, Fe)_{4,5}Al_{1,5}(OH)_8 \times [Al_{1,5}Si_{2,5}O_{10}]$ . В составе пеннина преобладает серпентиновая молекула. В клинохлоре содержание серпентиновой и амезитовой молекул почти одинаково.

Макроскопически минералы неразличимы. Находятся в сплошных зернистых массах и в виде листоватых слюдоподобных образований. Цвет от светло- до темно-зеленого. Цвет порошка светло-зеленый. Встречаются как продукты метаморфизма магнезиальных силикатов — оливина, энстатита, роговой обманки, биотита и др. Известны псевдоморфозы серпентина по этим минералам.

Прохлорит содержит до 28% FeO. Мелкозернистый, порошокватый. Цвет серовато-зеленый («селадоновозеленый»). Встречаются в жилах альпийского типа. Зеленая окраска кварца и адуляра в этих жилах обычно обусловлена прохлоритом.

**246. Амезит**  $(Mg, Fe)_4Al_2(OH)_8[Al_2Si_2O_{10}]$ . В чистом виде редок. Макроскопически не отличим от других хлоритов. По структуре близок к каолиниту.

#### Железистые хлориты

**247. Дафнит**  $Fe_4Al_2(OH)_8[Al_2Si_2O_{10}]$ .

Различается под микроскопом в составе руды из месторождений бурых железняков и бокситов. Происхождение гипергенное.

**248—249. Шамозит**  $Fe_4Al(OH)_6[AlSi_3O_{10}]$  и **тюрингит**  $Fe_{3,5} \times (Al, Fe)_{1,5}(OH)_6[Al_{1,5}Si_{2,5}O_{10}] \cdot nH_2O$  — наиболее богатые железом хлориты; имеют значение железной руды. Происхождение метаморфическое, встречаются в сланцах.

Шамозит отличается высоким содержанием FeO (34—42%). Турингит, наряду с закисью железа, содержит много, иногда до 30%,  $Fe_2O_3$ .

#### Хромовые хлориты

**250. Кеммерерит**  $Mg_5Cr(OH)_8[CrSi_3O_{10}]$ . Содержит до 5%  $Cr_2O_3$ .

Слюдоподобные пластинки и листочки, скрытокристаллические примазки на поверхности хромистого железняка и сплошные, иногда жилковатые выполнения трещинок в последнем.

Цвет красновато-фиолетовый. Сп. весьма совершенная. Тв. 2.

**251. Кочубейт** по внешнему виду и условиям нахождения не отличим от кеммерерита. Отличается значительным содержанием алюминия и по оптическим свойствам.

#### ГРУППА СЕРПЕНТИНА—КАОЛИНИТА

Минералы этой группы объединяются по близости их структур. В то время как листовые структуры предыдущих групп обнаруживали трехслойные пачки, состоящие из двух кремнекислородных или алюмо-

кремнекислородных листов, связанных между собой гидраргиллитовым или бруситовым прослоем, в данном случае различаются двухслойные пачки, состоящие из листа кремнекислородных тетраэдров и листа гидраргиллитового или бруситового состава. Такие электрически нейтральные слои чередуются или последовательно, или как бы в порядке зеркального отражения. На этом основании минералы подразделяются на подгруппы серпентина и каолинита (рис. 150).

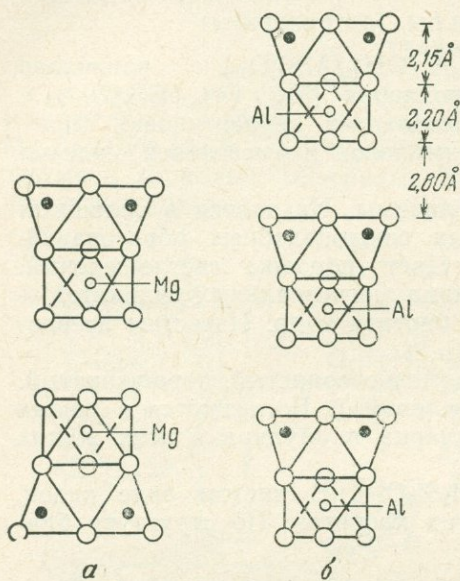


Рис. 150. Схема кристаллической структуры антигорита (а) в сравнении со структурой каолинита (б)

Сингония моноклинная. Скрытокристаллические массы.

Кристаллическая структура схематически изображена на рис. 150.

Цвет желтовато-зеленый до темно-зеленого. Тв. 2,5—4. Уд. в. 2,5—2,65.

П. п. тр. плавится с трудом в тонких краях. Соляной и особенно серной кислотой порошок серпентина вполне разлагается.

**Разновидности.** Офит (серпофит, благородный серпентин) — плотный, просвечивает в краях. Антигорит — чешуйчатый, скорлуповатый, темно-зеленого цвета.

**Происхождение.** В основном постмагматический, в результате гидротермального изменения иногда целых массивов ультраосновных оливин- и пироксенсодержащих пород. Кроме того, образуется в небольшом количестве в зонах контактового метаморфизма доломитизированных известняков вместе с хризотил-асбестом.

**Спутники.** Магнезит, гидромагнезит  $Mg_5(OH)_2[CO_3]_4 \cdot 4 H_2O$ , керолит  $Mg_4(OH)_4[Si_4O_{10}] \cdot 4 H_2O$ , сапонит  $Mg_3(OH)_4[Si_4O_8(OH)_2] \cdot n H_2O$ , сепиолит  $Mg_3[Si_4O_{11}] \cdot n H_2O$ , опал, халцедон и др.

Все перечисленные минералы являются продуктами разложения серпентина в зоне выветривания.

**Месторождения.** Многочисленные месторождения серпентина разного вида известны на Урале, Северном Кавказе, в Армении и других местах СССР.

Характерным является довольно простой химический состав минералов при большой роли гидроксильной воды, скрытокристаллическое сложение вплоть до коллоидного и происхождение — в основном вторичное за счет других силикатов.

### Подгруппа серпентина

Типичные представители этой подгруппы характеризуются магнезиальным, иногда никелево-магнезиальным составом. Относимые в эту подгруппу палыгорскиты содержат, кроме магнезия, в различных отношениях алюминий и окисное железо. Во всех минералах отсутствуют щелочи и кальций.

**252. Серпентин**  $Mg_6(OH)_8 [Si_4O_{10}] (MgO \ 43,0; SiO_2 \ 44,1; H_2O \ 12,9).$

*Значение.* Офит и другие красивые разновидности серпентина служат материалом для мелких изделий. Богатые серпентином породы могут использоваться в строительном деле (для изготовления огнеупорных кирпичей) и в химической промышленности.

**253. Хризотил-асбест**  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$  (MgO 43,0; SiO<sub>2</sub> 44,1; H<sub>2</sub>O 12,9).

Мон. с. Тонковолокнистый, обычно в виде тонких прожилков поперечноволокнистого сложения.

Цвет светло-зеленый. Тв. 2,5—3. Уд. в. около 2,22. Волокна мягкие, гибкие.

П. п. тр. плавится с трудом в тонких краях. При разложении соляной кислотой кремнезем выделяется в виде волокон.

*Разновидности.* Церматтит — пенькообразный. Пикролит, метаксит — жилковатые разновидности, не обладающие в отличие от хризотил-асбеста свойством расщепляться на тонкие, мягкие и гибкие волокна. Находятся вместе с хризотил-асбестом и серпентином.

*Происхождение.* Гидротермальный. Продукт метаморфизма магнезиальных пород и силикатов. Образует прожилки в серпентините и контактовых зонах с магнезиальными известняками.

*Спутники.* Серпентин  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ , магнезит  $MgCO_3$ , сепиолит  $Mg_3[Si_4O_{11}] \cdot n H_2O$ .

*Месторождения.* В СССР: Баженовское в Свердловской области — прожилки в метаморфизованных магнезиальных породах. За границей: Квебекское в Канаде — аналогичное Баженовскому.

*Значение.* Огнеупорный строительный материал. Материал для несгораемых тканей и теплоизоляции.

**254. Ревдинскит**  $(Ni, Mg)_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ . Содержит до 11% NiO. Землистый, коллоидальный. Кристаллическая разность того же состава известна под названием непуита.

Цвет бледно-яблочно-зеленый. Тв. 2—2,5.

П. п. тр. почти не плавится. В соляной кислоте при нагревании разлагается с выделением слизистого кремнезема.

*Происхождение.* Образуется в зоне выветривания ультраосновных изверженных пород.

*Месторождения.* Ревдинский и Уфалейский районы на Среднем Урале; Аккермановское на Южном Урале.

*Значение.* Существенный компонент силикатных никелевых руд.

**255. Пальгорскит.**  $Mg_5(H_2O)_4(OH)_2[Si_4O_{10}]_2 \cdot 4 H_2O$ . Сюда относятся минералы, известные под названием горной кожи, горной пробки, горного мяса и др. Они представляют собой водные магнезиальные силикаты, содержащие алюминий и частично окисное железо. Отличаются грубоволокнистым и кожистым строением, встречаются в виде корок.

Цвет белый. Тв. 2,5—3. Уд. в. 2,26—2,27, но вследствие пористости образцы относящихся сюда минералов легко плавают.

Сравнительно легко разлагаются в соляной кислоте и плавятся в пл. п. тр.

*Происхождение.* Гипергенные — в связи с выветриванием мергелистых отложений.

*Спутники.* Глины, гипс  $CaSO_4 \cdot 2 H_2O$ .

*Месторождения.* Пальгорскиты широко распространены в пермских пестроцветных породах в низовьях р. Оки, в районе г. Горького и других местах.

*Значение.* Теплоизолятор, строительный материал.

**256. Хризоколла.**  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Наблюдаются примеси до 17%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , до 7%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , до 9%  $\text{P}_2\text{O}_5$  и др.

Минерал скрытокристаллический, опаловидный; образует натски. Цвет зеленый и голубоватый. Блеск стеклянный. Тв. от 2 до 4. Уд. в. 2—2,3.

П. п. тр. растрескивается, окрашивая пламя в изумрудно-зеленый цвет, но не плавится. Кислотами разлагается с выделением порошкового кремнезема.

*Происхождение.* Гипергенная — образуется в верхних горизонтах зоны окисления рудных месторождений.

*Спутники.* Медь, красная медная руда  $\text{Cu}_2\text{O}$ , малахит  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$  и другие минералы меди.

*Месторождения.* Джеккаган, Коктас-Джартас и др. в Центральном Казахстане. За границей: в Чили, в Республике Заир в Африке и др.

### Подгруппа каолинита

К этой подгруппе относятся три полиморфные модификации состава  $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ : каолинит, диксит и накрит, почти не различимые по внешним признакам. Распознаются под микроскопом и при помощи дебаегграмм. Структурные различия заключаются в том, что пачки слоев в структурах в разных модификациях смещены по-разному.

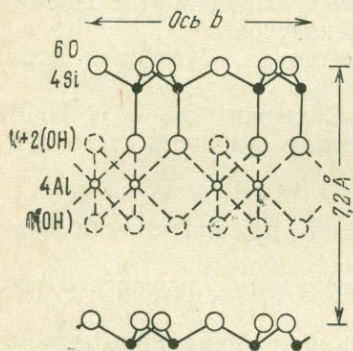


Рис. 151. Структура каолинита

**257. Каолинит** (каолин)  $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  39,5;  $\text{SiO}_2$  46,5;  $\text{H}_2\text{O}$  14,0).

Скрытокристаллический, порошковатый, землистый и плотный. Структура представлена на рис. 151.

Цвет белый. Тв. 1. Жирный на ощупь. Уд. в. 2,6. Сильно гигроскопичен; в высушенном виде липнет к языку. При замешивании с водой образует пластичную массу. Во влажном состоянии пахнет глиной.

П. п. тр. трудно плавится. Разлагается при нагревании с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

*Технические разновидности.* Фарфоровые глины не содержат железа, по составу иногда отвечают чистому каолиниту. Огнеупорные глины кроме каолинита содержат свободные гидраты окиси алюминия и иногда немного слюды. Температура плавления около  $1700^\circ$ ; до прокаливания серые или черные, после прокаливания белые. Горшечные и кирпичные глины содержат песок, железо и много других примесей; цвет красный или серый. Красящие глины разного цвета: красные, желтые и коричневые содержат окислы железа. Отбеливающие глины — сложного минерального состава; кроме каолинита содержат монтмориллонит, бейделлит и другие минералы из группы каолиновых; отличаются высокой дисперсностью. К ним относятся сукновальные глины и кил, обладающие способностью поглощать жиры и щелочи. Бентониты или флоридиновые глины поглощают многие красящие вещества; используются для очистки продуктов нефтяной промышленности — керосина и др.

*Происхождение.* Каолинит образуется при выветривании горных

пород преимущественно за счет калиевых полевых шпатов, слюды, цеолитов и других алюмосиликатов; также при изменении пород в связи с гидротермальными процессами.

**Месторождения.** В СССР: Глуховецкое и Турбинское Винницкой области, Просянское Днепропетровской области и многие другие в УССР — первичный каолин, образовавшийся за счет гранитов и пегматитов, и отчасти переотложенный каолин; каолин фарфоровый, высокого качества. Наиболее крупные месторождения огнеупорных глин: Боровичское Ленинградской области, Часов-Ярское в Донбассе и Воронежское—кудиновские огнеупорные глины в Московской области используются в керамической промышленности. Отбеливающие глины известны на Кавказе, например Гумбри в Западной Грузии.

**Значение.** Основное сырье фарфоровой и керамической промышленности, строительный материал, наполнитель в бумажном производстве, отбеливающий материал, как очистители в нефтяной промышленности.

**258. Диккит.**  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$ . Отличается от каолинита по оптическим свойствам (больший угол погасания, оптический знак положительный) и по виду кристаллов под микроскопом (кристаллы каолинита нередко червеобразно изогнуты; кристаллы диккита — в виде тонких листочков и листоватых пачек). Надежно различаются эти минералы при помощи дебаеграмм. Диккит — гидротермальный, вместе с сульфидами в жилах и породах, иногда в жеодах халцедона.

**259. Накрит.**  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$ . Сравнительно крупнокристаллическая модификация каолинита. Отличается перламутровым блеском и тем, что слабо адсорбирует краску, оставаясь неплеохроичным.

**Происхождение.** Эпитермальный — в жилах с плавиковым шпатом; иногда гипергенный.

#### ГРУППА ГАЛЛУАЗИТА

Минералы каолиноподобны. Отличаются от каолинита структурой и частично составом. Для структуры характерно попеременное расположение вершин тетраэдров в кремнекислородных листах — наружу и внутрь двуслойных пачек листов. При этом внешние вершины отвечают положению ионов гидроксила (рис. 152), а внутренние — кислорода.

К этой группе относятся керолит, галлуазит, метагаллуазит, гарниерит, волконскоит. Чаще встречается метагаллуазит, которому обычно и присваивают название галлуазита.

**260. Керолит**  $Mg_4(OH)_4[Si_4O_{10}] \cdot 4H_2O$ . Часто содержит примесь никеля до нескольких процентов.

Аморфный. Цвет белый, желтый или красноватый. Хрупкий. Тв. 2—2,5. Уд. в. 2,3—2,4. Встречается в трещинах в известняках.

**261. Галлуазит**  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}] \cdot 4H_2O$ .

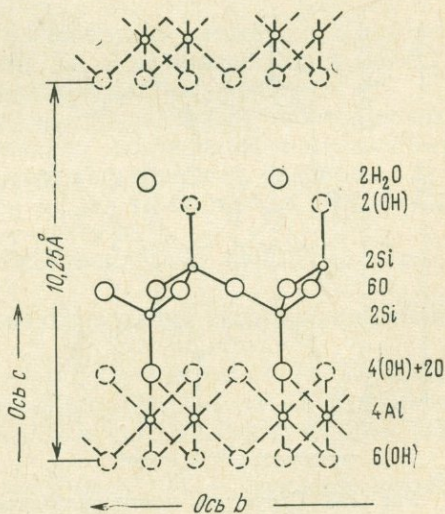


Рис. 152. Структура галлуазита

**262. Метагаллуазит**  $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ .

Галлуазит представляет собой каолиноподобное высокодисперсное вещество, очень вязкое и пластичное в сыром виде («сметана») и твердое, опаловидное или костевидное, липнущее к языку в сухом виде. Твердость костевидного галлуазита достигает 4 и больше. Уд. в. около 2,2.

В природе встречается как продукт разложения горных пород. Представляет собой переходную ступень к каолиниту, который по нему образуется.

В месторождениях его сопровождают иногда алунит, гиббсит (гидраргиллит), монтмориллонит.

*Месторождения.* В СССР: Журавлинское по р. Чусовой на Урале — в карстовых полостях известняка в виде корочек, желваков и мягкой пластичной массы вместе с гидраргиллитом и алунитом; Загликское в Азербайджане — плотный с алунитом.

*Значение.* Подобно каолиниту используется в фарфоровой промышленности.

**263. Гарниерит (нумейт)**  $\text{Ni}_4(\text{OH})_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

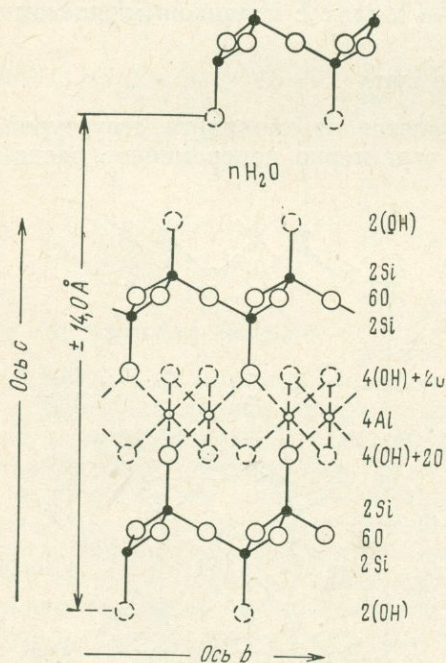
Плотные скрытокристаллические и землистые массы. Цвет яблочно-зеленый. Тв. 2,5—3,5. Уд. в. 2,3—2,8.

Встречается как продукт выветривания ультраосновных горных пород.

*Спутники.* Кварц, халцедон, ревдинскит  $(\text{Ni}, \text{Mg})_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , нонтронит  $(\text{Fe}^{2+}, \text{Al})_2[\text{Si}_4\text{O}_8(\text{OH})_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , керолит  $\text{Mg}_4(\text{OH})_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \times 4\text{H}_2\text{O}$ , магнезит и др.

*Месторождения.* В СССР: Аккермановское никелево-кобальтовое.

*Значение.* Важная никелевая руда.



**ГРУППА МОНТМОРИЛЛОНИТА**

Минералы группы монтмориллонита напоминают по внешним признакам каолинит и галлуазит, а по химическому составу — также и серпентин. Их структура отличается от структуры каолинита и галлуазита симметричным сложением пачек слоев. В листах кремнекислородных тетраэдров вершины тетраэдров направлены, как и в галлуазите, попеременно то наружу, то внутрь слоя. Внешние вершины в общем случае отвечают положению гидроксидов (рис. 153). Характерно большое расстояние между пачками слоев. Все минералы этой группы являются скрытокристаллическими, экзогенными.

**264. Сапонит**  $\text{Mg}_3(\text{OH})_4[\text{Si}_4\text{O}_8(\text{OH})_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Содержит примесь Al и Fe, иногда Ni и Cr.

Мон. с. Скрытокристаллический, каолиноподобный, жирный на ощупь, в сыром виде мягкий, как масло, после высушивания становится хрупким, к языку не прилипает.

Цвет белый, желтоватый, красноватый. Уд. в. 2,24—2,30.

П. п. тр. с трудом оплавляється в тонких кусочках.

*Происхождение.* Гидротермальный; гипергенный (?) в связи с изменением магнезиальных изверженных горных пород. Встречается в миндалинах эффузивных пород и в виде жил в серпентините.

*Спутники.* Серпентин  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ , хризотил-асбест  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ , сепиолит  $Mg_3[Si_4O_{11}]H_2O \cdot nH_2O$ .

265. Бейделлит  $Al_2(OH)_4[Si_4O_8(OH)_2] \cdot nH_2O$ .

Образует восковидные каолиноподобные массы белого, желтого, красноватого и бурого цвета. Тв. около 2 и до 3. Является одним из продуктов выветривания змеевиков.

266. Монтмориллонит  $Mg_3(OH)_4[Si_4O_8(OH)_2] \cdot nH_2O$ . Постоянно содержит до 2% CaO, иногда  $K_2O$  и  $Na_2O$ ; воды до 27%. Способен обменивать основания. Образует каолиноподобные плотные массы.

Цвет белый до розовато-красного и синеватого. Тв. 1. Уд. в. около 2. При смачивании сильно набухает в связи с проникновением воды в промежутки между слоями структуры.

*Происхождение.* Гипергенный. Возникает в условиях щелочной среды в результате выветривания основных изверженных и вулканических пород, преимущественно пеплов и туфов. Кроме того, входит в состав многих почв, валунных суглинков и других осадочных пород.

*Месторождения.* Окрестности сел. Гумбри близ г. Кутаиси в Западной Грузии; сел. Аскани в Западной Грузии; месторождения кила (сукновальных омыляющих глин) в Крыму и др.

*Значение.* Является активным компонентом отбеливающих и сукновальных глин, используемых в нефтяной, текстильной и мыловаренной промышленности, благодаря их адсорбирующим и омыляющим свойствам.

267. Нонтронит  $(Fe^{2+}, Al)_2(OH)_4[Si_4O_8(OH)_2] \cdot nH_2O$ . В общем богаты  $Fe^{2+}$  разновидности монтмориллонита.

Землистый, комковатый, иногда жилковатого сложения. Цвет зеленовато-желтый и фисташково-зеленый. Тв. 2 и больше. Уд. в. до 2,1.

П. п. тр. не плавится. С соляной кислотой дает студень.

*Разновидности.* Хлоропал — опал, пронизанный нонтронитом.

*Происхождение.* Продукт выветривания магнезиально-железистых силикатов и пород, в том числе змеевиков, пироксенитов, скарнов.

268. Сокоцит  $Zn_3(OH)_4[Si_4O_8(OH)_2] \cdot nH_2O$ . Примеси: до 16%  $Al_2O_3$ , до 6%  $Fe_2O_3$  и др. Содержание  $ZnO$  достигает 39%.

Каолиноподобный. Цвет белый, светло-желтый, бурый до темно-бурого.

*Происхождение.* Встречается в зонах окисления свинцово-цинковых месторождений.

*Спутники.* Каламин  $Zn_4(OH)_2[Si_2O_7] \cdot H_2O$ , смитсонит  $ZnCO_3$  и др.

269. Волконскоит  $(Mg, Ca, Cr, Al)_3(OH)_2[Si_4O_{10}] \cdot nH_2O$ . Содержит до 30%  $Cr_2O_3$ , до 17%  $Fe_2O_3$ , до 6,5%  $Al_2O_3$ , до 36%  $SiO_2$ , до 21—23%  $H_2O$  и др.

Встречается в виде желваков, прожилков. Цвет луково-зеленый. Тв. 2—2,5. Хрупкий. Уд. в. 2,2—2,3.

П. п. тр. не плавится. Разлагается в соляной кислоте с выделением желатинообразного кремнезема.

*Происхождение.* Экзогенный — в зоне выветривания ультраосновных пород.

*Месторождения.* Ухтымское и другие в Среднем Прикамье — в отложениях уфимского яруса, среди песчаников.

*Значение.* Материал для изготовления ценной зеленой краски.

#### ГРУППА АЛЛОФАНА

К аллофанам относятся неопределенного состава коллоидные, стекловатые, опаловидные, каолиноподобные образования, встречающиеся как продукты выветривания.

**270. Аллофан**  $mAl_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot pH_2O$ .

Образует стекловатые и опаловидные корочки, иногда тонкие прожилки. Цвет голубой от примеси меди, зеленый, желтый и бурый. Тв. около 3. Очень хрупкий. Уд. в. 1,85—1,89.

П. п. тр. рассыпается, но не плавится. После прокаливания с  $Co(NO_3)_2$  становится синим. С  $HCl$  дает студень.

**271. Болюс.** Смесь галлуазита с гидратом окиси железа. Сильно липнет к языку. Распадается на мелкие кусочки при погружении в воду.

**272. Гизингерит**  $mFe_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot pH_2O$ .

Встречается в виде натечных и туфообразных масс. По виду напоминает бурый железняк. Цвет желто-бурый и темно-бурый до черного. Тв. 3. Уд. в. 2,5—3. Образуется в зоне окисления рудных месторождений.

#### ГРУППА АПОФИЛЛИТА

**273. Апофиллит**  $KCa_4F[Si_4O_{10}]_2 \cdot 8H_2O$ .

Тетр. с.; в. симм.  $L^4L^25PC$ . Вид кристаллов пирамидальный (рис. 154). Часто наблюдаются листоватые агрегаты. Кристаллическая структура переходная от листовой к каркасовой.

Обычно бесцветен, но встречаются апофиллиты, окрашенные в розовый и, реже, в другие цвета. Блеск на гранях (001) перламутровый. Сп. совершенная по (001). Тв. 4,5—5. Уд. в. 2,3—2,4.

П. п. тр. легко плавится, вскипая. Разлагается соляной кислотой.

*Происхождение.* Гидротермальный, встречается вместе с цеолитами в пустотах и трещинах излившихся горных пород.

*Спутники.* Кроме цеолитов, кальцит, халцедон, агат, кварц.

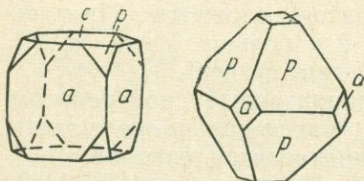


Рис. 154. Апофиллит:  $a(100)$ ,  $c(001)$ ,  $p(111)$

#### V. КАРКАСОВЫЕ СИЛИКАТЫ

Во главе этой группы можно было бы поставить кварц, поскольку его структура также каркасового типа. Отличие в том, что в группировке кремнекислородных тетраэдров у кварца нет свободных валентностей. Свободные валентности в кварцевой структуре могут появиться, если наряду с кремнекислородными тетраэдрами в ней примут участие алюмокислородные тетраэдры, т. е. если четырехвалентный кремний в некоторой части тетраэдров уступит место трехвалентному алюми-

нию, что приведет к освобождению соответствующего числа валентностей. Таким образом, можно представить себе образование вместо группировки  $[\text{Si}_n\text{O}_{2n}]$  группировки  $[\text{Al}_m\text{Si}_n\text{O}_{2(m+n)}]^{m-}$ . Каркасовые силикаты, следовательно, в основном являются алюмосиликатами.

## А. Полевые шпаты

По химическому составу полевые шпаты разделяются на три группы: Na-Ca полевые шпаты (плаггиоклазы), калиевые полевые шпаты и K-Ba полевые шпаты. Они являются наиболее распространенными среди минералов. На их долю приходится свыше 50% веса земной коры. Происхождение полевых шпатов в основном магматическое. Встречаются преимущественно как породообразующие минералы.

### Натриево-кальциевые полевые шпаты

#### (плаггиоклазы)

Плаггиоклазы — изоморфный ряд альбита (Ab)  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$  — анортита (An)  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ ; смесимость этих компонентов неограниченная. Содержание  $\text{SiO}_2$  в плаггиоклазах убывает от альбита к анортиту; в связи с этим различают кислые плаггиоклазы, с преобладанием альбитовой частицы, и основные, бедные кремнеземом и богатые кальцием.

Плаггиоклазы кристаллизуются в трикл. с. Вид. симм. С. Угол между плоскостями спайности отличается от прямого угла на  $3,5-4^\circ$ . Характерны полисинтетические двойники по альбитовому закону, вследствие чего наблюдается тонкая штриховка на плоскостях спайности (001).

Многие физические свойства плаггиоклазов изменяются закономерно в зависимости от состава, что позволяет устанавливать состав плаггиоклаза путем оптического и других исследований, не прибегая к химическому анализу.

Плаггиоклазы часто обозначаются номерами, указывающими процентное содержание в них анортитовой частицы. Так, например, плаггиоклаз № 35 представляет собой изоморфную смесь 35% анортита и 65% альбита. Плаггиоклазы от № 0 (чистого альбита) до № 10 называются альбитами, от № 10 до № 30 — олигоклазами, от № 30 до № 50 — андезинами, от № 50 до № 70 — лабрадорами, от № 70 до № 90 — битовнитами и от № 90 до № 100 (чистого анортита) — анортитами.

**274. Альбит** (Ab)  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$  ( $\text{Na}_2\text{O}$  11,8;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  19,5;  $\text{SiO}_2$  68,7).

Состав колеблется от чистого Ab до  $\text{Ab}_{90}\text{An}_{10}$ . Содержание  $\text{K}_2\text{O}$  в основном около 1%.

Кристаллы таблитчатые и зубьевидные, часто образуют двойники по альбитовому закону (рис. 155), иногда сростаются в зубчатые округлые образования или слагают агрегаты, напоминающие кучки зерен.

Белый, красноватый, зеленоватый, иногда бесцветный. Тв. 6—6,5. Уд. в. 2,62—2,65.

П. п. тр. легко плавится в белое стекло, окрашивая пламя в желтый цвет. Кислоты, кроме HF, не действуют.

*Разновидности.* Клевеландит — листоватый пластинчатый альбит.

*Происхождение.* Магматический — в изверженных, особенно щелочных породах; пневматолитический — в пегматитовых жилах; гидротермальный — в жилах альпийского типа; контактовый — в кристаллических известняках. Характерно нахождение альбита в пертитах (см. стр. 161). Нередко образуется как вторичный продукт в процессе гидротермального изменения изверженных пород. Известны псевдоморфозы по сподумену.

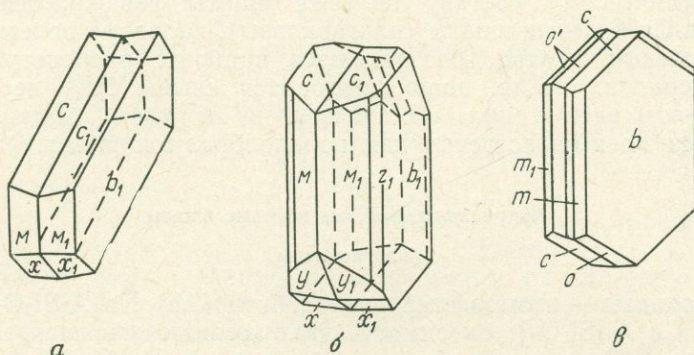


Рис. 155. Альбитовые двойники: а и б — простые, в — полисинтетический

*Спутники.* Кварц, мусковит  $KAl_2(OH, F)_2[AlSi_3O_{10}]$ , ортоклаз, берилл  $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$ , топаз  $Al_2(F, OH)_2[SiO_4]$ , турмалин и другие (в пегматитовых жилах). Продуктом изменения обычно является серицит.

*Значение.* Керамическое сырье.

**275. Лабрадор.** Состав от  $Ab_{50}An_{50}$  до  $Ab_{30}An_{70}$ . Содержит в наиболее бедных кальцием разностях до 5,7%  $Na_2O$ , до 10,4%  $CaO$ , до 28,3%  $Al_2O_3$ , до 55,6%  $SiO_2$ .

Хорошо образованные кристаллы редки, обычными являются сплошные крупнозернистые массы.

Цвет серый, коричневый, зеленоватый. Тв. 6. Уд. в. 2,70—2,72. Характерна игра цветов на плоскостях спайности (010).

П. п. тр. довольно легко плавится. Разлагается, хотя и с трудом, в  $HCl$ .

*Происхождение.* Магматический — в основных изверженных породах: габбро, норитах, некоторых диоритах, диабазах и т. д.

*Спутники.* Ромбические пироксены, амфиболы, магнетит, пирротин. Продукты изменения: цеолиты, эпидот  $Ca_2(Al, Fe)_3O(OH)[SiO_4][Si_2O_7]$ , кальцит  $CaCO_3$ , датолит  $CaV(OH)[SiO_4]$ .

*Значение.* Ценный поделочный камень.

**276. Анортит (An)**  $Ca[Al_2Si_2O_8]$  ( $CaO$  20,1;  $Al_2O_3$  36,7;  $SiO_2$  43,2). Состав колеблется от  $Ab_{10}An_{90}$  до чистого анортита. Содержит в наиболее бедных кальцием разностях: 1,1%  $Na_2O$ ; 18,2%  $CaO$ ; 35,1%  $Al_2O_3$ ; 45,6%  $SiO_2$ .

Хорошо образованные кристаллы редки. Белый, серый, красноватый, иногда бесцветный. Тв. 6—6,5. Уд. в. 2,74—2,76.

П. п. тр. плавится довольно трудно. В концентрированной  $HCl$  разлагается с выделением иловатого кремнезема.

*Происхождение.* Магматический — в основных изверженных поро-

дах и некоторых лавах; контактовый. Интересно нахождение анортита в жилах с корундом в Барзовском месторождении на Урале.

*Спутники.* Пирротин  $Fe_{1-x}S$ , иногда корунд; в лавах Везувия: авгит, санидин  $K[AlSi_3O_8]$ , слюда, везувиан.

### Калиевые полевые шпаты

В структуре калиевых полевых шпатов на каждые три кремнекислородных тетраэдра приходится один алюмокислородный. Освобождающиеся вследствие этого валентности позволяют войти в структуру ионам калия.

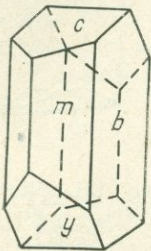


Рис. 156. Ортоклаз:  $b(010)$ ,  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  $y(201)$

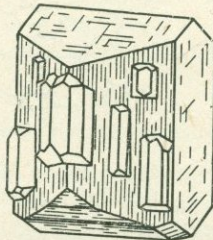


Рис. 157. Ортоклаз с альбитом

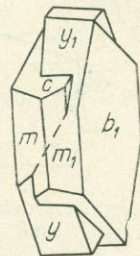


Рис. 158. Карлсбадский двойник

Кристаллизуются в моноклинной (вид симм.  $L^2PC$ ) и триклинной (вид симм.  $C$ ) сингониях. Кристаллы призматической, почти одинаковой формы. Характерны разнообразные двойниковые сростания. Сп. совершенная по двум направлениям:  $(010)$  и  $(001)$  под углом  $90^\circ$  или близким к нему. Тв. 6. Уд. в. 2,5—2,62. Цвет белый, серый, розовый, зеленый; иногда бесцветные. Блеск стеклянный. Являются сырьем для фарфоровой промышленности.

К группе калиевых полевых шпатов относятся: ортоклаз, санидин, микроклин.

Кроме калия, в составе указанных минералов наблюдается натрий, но обычно в сильно подчиненном количестве по отношению к калию. Известны, однако, минералы и со значительным содержанием Na: натронортоклаз и анортотоклаз. Исследования показывают, что разновидности, богатые натрием, устойчивы только при высоких температурах. При понижении температуры такие изоморфные смеси калиевого и натриевого компонентов распадаются с выделением альбита  $Na[AlSi_3O_8]$ . В результате образуются пертиты и антипертиты. Первые представляют собой прорастания калиевого полевого шпата альбитом, вторые, наоборот, — прорастания альбита калиевым полевым шпатом.

**277. Ортоклаз**  $K[AlSi_3O_8]$  ( $K_2O$  16,9;  $Al_2O_3$  18,4;  $SiO_2$  64,7). Содержание  $Na_2O$  достигает 8%.

Мон. с. Образует кристаллы (рис. 156 и 157) и сплошные кристаллические массы. Двойники: карлсбадские (рис. 158), бавенские (рис. 159) и манебахские (рис. 160). Сп. под углом  $90^\circ$ . Тв. 6—6,5. Уд. в. 2,5—2,62.

П. п. тр. оплавляется в тонких краях. Кислоты, кроме HF, не действуют.

**Разновидности.** Адуляр — водяно-прозрачный, кристаллы характерной клиновидной формы (рис. 161), часто бывают покрыты порошковатым хлоритом; встречается в жилах альпийского типа.

**Происхождение.** Магматический — в гранитах и пегматитовых жилах; реже гидротермальный — в кварцевых жилах и жилах альпийского типа, иногда в базальтах (в пустотах с цеолитами).

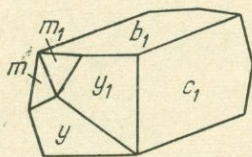


Рис. 159. Бавенский двойник

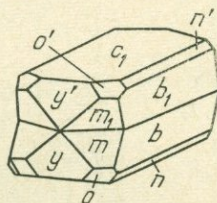


Рис. 160. Манебахский двойник

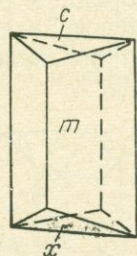


Рис. 161. Адуляр:  
 $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  
 $x(101)$

**Спутники.** В пегматитах: кварц, альбит, слюда, топаз, турмалин, циркон, берилл; в жилах с адуляром: кварц, альбит, сфен; в контактах с известняками: скаполит и сфен. Известны псевдоморфозы ортоклаза по лейциту; каолина, стеатита, талька, хлорита, слюды, ломонтита, кальцита и касситерита — по ортоклазу. Наиболее обычный продукт изменения — каолинит.

**278. Санидин.** Высокотемпературная модификация  $K[AlSi_3O_8]$ .

Мон. с. Опыты показывают, что ортоклаз при нагревании выше  $600^\circ$  приобретает оптические свойства санидина: у санидина плоскость оптических осей параллельна второму пинакoidу (010) (у ортоклаза она ему перпендикулярна) или находится в таком же положении, как у ортоклаза, но угол между оптическими осями значительно меньше.

Санидин встречается в виде таблитчатых кристаллов в излившихся и жильных породах.

**Разновидности.** Ледяной шпат бесцветный и прозрачный.

**279. Микроклин**  $K[AlSi_3O_8]$  ( $K_2O$  16,9;  $Al_2O_3$  18,4;  $SiO_2$  64,7). В небольшом количестве содержит натрий.

Трикл. с. Кристаллы по внешнему виду сходны с кристаллами ортоклаза (рис. 162). Часто образует сложные двойники; под микроскопом, благодаря этому, легко различается при скрещенных николях по характерной «микроклиновой» решетке. Угол между плоскостями спайности отличается от прямого на  $20'$ .

Рис. 162. Микроклин:  
 $b(010)$ ,  
 $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  
 $M(110)$ ,  $z(130)$ ,  
 $o(111)$

Цвет белый, серый, коричневый, желтый, красный, зеленый. Тв. 6—6,5. Уд. в. 2,54—2,57.

**Разновидности.** Амазонский камень (амазонит), зеленый.  
**Происхождение.** Магматический, часто в пегматитовых жилах.

*Спутники.* Кварц, альбит  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , слюды, спессартин, турмалин, берилл  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ , топаз  $\text{Al}_2(\text{F}, \text{OH})_2[\text{SiO}_4]$ , фенакит  $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$ , иногда колумбит  $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$ , самарскит, ортит. Известны псевдоморфозы по сподумену. Продуктом изменения является главным образом каолинит.

*Месторождения.* В СССР: в Северной Карелии и на Кольском полуострове — микроклин в пегматитовых жилах. Ильменские горы на Среднем Урале — амазонит в пегматитах.

*Значение.* В керамической и стекольной промышленности. Амазонит — поделочный камень.

**280. Анортотлаз**  $(\text{Na}, \text{K})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ . Трикл. с. В виде примеси часто содержит СаО. К анортотлазу относят триклинный полевой шпат, в котором содержание  $\text{Na}_2\text{O}$  преобладает над содержанием  $\text{K}_2\text{O}$ . По физическим свойствам сходен с микроклином. От последнего отличается по оптическим константам. Уд. в. 2,56—2,60.

*Происхождение.* Встречается в богатых натрием вулканических породах.

#### Калиево-бариевые полевые шпаты

По сравнению с другими полевыми шпатами минералы этой группы редки. Представляют собой изоморфный ряд  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ — $\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ . Разновидности с преобладанием калиевого компонента называются гиалофанами, при обратном соотношении компонентов — цельзианами. Кристаллизуются в моноклинной сингонии. По форме кристаллов и внешним признакам похожи на ортоклаз. Цвет чаще серый.

**281. Гиалофан**  $m\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] \cdot n\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ , где  $m > n$ . Содержание ВаО в гиалофанах достигает 16%.

**282. Цельзиан**  $m\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] \cdot n\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ ;  $n > m$ .

Уд. в. изменяется, достигая 3,4 у разностей, наиболее богатых барием.

*Происхождение.* Контактные. Гиалофаны в виде крупных хорошо образованных кристаллов известны в месторождении флогопита по р. Слюдянке на юге Байкала. Содержание в них ВаО достигает 7%.

#### Б. Фельдшпатыды

К фельдшпатам в минералогии относятся алюмосиликаты щелочей, близкие по своему значению в горных породах к полевым шпатам. От полевых шпатов отличаются низким содержанием кремнезема и высоким — щелочей. Поэтому они характерны для щелочных пород с содержанием кремнезема, недостаточным не только для того, чтобы мог выделиться свободный кремнезем, но и для образования полевых шпатов, таких, как альбит и ортоклаз.

Некоторые фельдшпатыды, например минералы групп содалита и канкринита, содержат дополнительные анионы  $\text{Cl}^{1-}$ ,  $[\text{CO}_3]^{2-}$ ,  $[\text{SO}_4]^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ . Структура таких минералов называется структурой внедрения. Дополнительные анионы находят себе место в крупных пустотах структуры и влекут за собой появление непосредственно связанных с ними дополнительных катионов Na и Са.

#### ГРУППА ЛЕЙЦИТА

**283. Анальцим**  $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Na}_2\text{O}$  14,1;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  23,2;  $\text{SiO}_2$  54,5;  $\text{H}_2\text{O}$  8,2).

Куб. с. Кристаллы — тетрагонтриоктаэдры и комбинации куба с тетрагонтриоктаэдром (рис. 163).

Бесцветный, белый, иногда мясо-красный, особенно в крупных кристаллах. Сп. почти отсутствует. Тв. 5—5,5. Уд. в. 2,1—2,28.

П. п. тр. легко плавится в бесцветное стекло. Образует студень в HCl.

*Происхождение.* Гидротермальный — вместе с цеолитами, кальцитом и пренитом в миндалинах и прожилках в основных излившихся горных породах; реже магматической — в анальцимовом базальте.

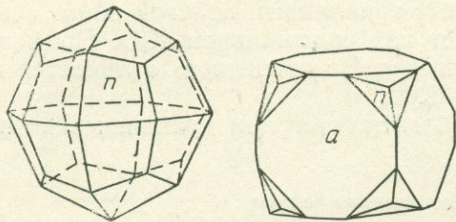


Рис. 163. Анальцим:  $a(100)$ ,  $n(211)$

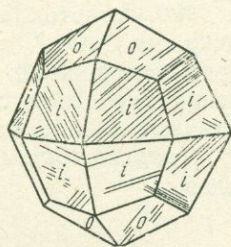


Рис. 164. Лейцит

**284.  $\beta$ -лейцит**  $K[AlSi_2O_6]$  ( $K_2O$  21,5;  $Al_2O_3$  23,5;  $SiO_2$  55,0). В небольшом количестве присутствует Na, отмечаются следы Li, Rb и Cs.

Кристаллы в виде тетрагонтриоктаэдров (рис. 164); под микроскопом в шлифах — анизотропный. тетр. с. При нагревании до 500—600° становится изотропным, переходя в  $\alpha$ -лейцит, которому, очевидно, и отвечает наблюдающаяся форма кристаллов  $\beta$ -лейцита (параморфозы  $\beta$ -лейцита по  $\alpha$ -лейциту).

Цвет белый и серый. Блеск стеклянный. Тв. до 6. Уд. в. 2,5.

П. п. тр. не плавится. При прокаливании с раствором  $Co(NO_3)_2$  принимает синий цвет. Легко разлагается в HCl и  $H_2SO_4$  с выделением порошкового кремнезема.

*Происхождение.* Магматический. Встречается в вулканических породах — лейцитофирах, фонолитах, лейцитовых базальтах и др.

*Спутники.* Нефелин  $(Na, K)[AlSi_3O_8]$ , санидин  $K[AlSi_3O_8]$ . Продукты изменения: полевой шпат, нефелин, анальцим  $Na[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$ , каолинит  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$ .

*Месторождения.* За границей: Везувий в Италии.

*Значение.* При большом содержании в породе иногда используется для получения солей калия и алюминия.

**285. Поллуцит** (поллуке)  $(Cs, Na)[AlSi_2O_6] \cdot nH_2O$ , где  $n < 1$  ( $Na_2O$  2,8;  $Cs_2O$  31,4;  $Al_2O_3$  16,0;  $SiO_2$  47,0;  $H_2O$  2,8).

Куб. с. Кристаллы — кубы. Обычно встречается в виде сплошных зернистых масс. Иногда содержит прожилки мелкочешуйчатого лепидолита.

Цвет белый; иногда водяно-прозрачен. Напоминает сахаровидный альбит. Тв. 6,5. Очень хрупкий. Уд. в. 2,9.

П. п. тр. плавится с трудом. В HCl разлагается с выделением порошкового кремнезема.

*Происхождение.* Пегматитовый, встречается с альбитом, лепидолитом, амблигонитом, петалитом, розовым турмалином, сподуменом.

*Месторождения.* В СССР: в Восточном Казахстане — в пегмати-

товых жилах указанного выше минерального состава. За границей: на о. Эльба в Италии, в Канаде, в штатах Мэн и Южная Дакота. США.

*Значение.* Цезиевая руда.

#### ГРУППА ПЕТАЛИТА

**286. Петалит**  $(\text{Li}, \text{Na})[\text{AlSi}_4\text{O}_{10}]$  ( $\text{Li}_2\text{O}$  4,9;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  16,7;  $\text{SiO}_2$  78,4). Мон. с. Кристаллы редки. Обычно в виде сплошных крупнозернистых выделений.

Цвет белый, серый, иногда красноватый или зеленовато-белый. Сп. совершенная по (001); по спайности легко расщепляется на пластинки. Тв. 6—6,5. Хрупкий. Уд. в. 2,39—2,46.

П. п. тр. плавится с трудом, окрашивая пламя в красный цвет. Кислоты не действуют.

*Разновидности.* Касторит, встречается в виде кристаллов.

*Происхождение.* Пегматитовый — в жилах с альбитом, лепидолитом, поллуцитом и др. (см. поллуцит).

*Месторождения.* См. поллуцит.

#### ГРУППА НЕФЕЛИНА

**287. Нефелин**  $(\text{Na}, \text{K})[\text{AlSiO}_4]$ . Точнее  $\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4$ . При отношении  $\text{Na}:\text{K}=3:1$  процентный состав нефелина следующий:  $\text{Na}_2\text{O}$  15,1;  $\text{K}_2\text{O}$  7,7;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  33,2;  $\text{SiO}_2$  44,0.

Гекс. с., вид симм.  $L^6L^27PC$ . Кристаллы мелкие призматические (рис. 165).

Бесцветный, водяно-прозрачный, серый, мясо-красный и зеленый. Тв. 5,5. Уд. в. 2,6.

П. п. тр. плавится с трудом (нефелин) или довольно легко (элеолит) в бесцветное стекло. Хорошо разлагается в  $\text{HCl}$  с выделением студневидного кремнезема. Легко выветривается.

*Разновидности.* Элеолит — сливной, с жирным блеском. Цвет серый, красный. Сп. нет (не смешивать с кварцем, который совместно с элеолитом не встречается). Магматический, в вулканических породах и нефелиновых сиенитах.

*Спутники.* Канкринит  $\text{Na}_6\text{Ca}(\text{CO}_3, \text{SO}_4)(\text{AlSiO}_4)_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , содалит  $\text{Na}_8\text{Cl}_2[\text{AlSiO}_4]_6$ , биотит, полевой шпат, эгирин  $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , циркон  $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ , ильменит  $\text{FeTiO}_3$ , сфен  $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$ , апатит  $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})[\text{PO}_4]_3$  и многие другие. Продукты изменения: каолин, натролит  $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , анальцим  $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$ , томсонит  $\text{Ca}_2\text{Na}[\text{Al}_5\text{Si}_5\text{O}_{20}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

*Месторождения.* В СССР: Ильменские и Вишневые горы на Урале, Хибинны на Кольском полуострове.

*Значение.* Используется в стекольном производстве и при получении силикогеля. Комплексное сырье для производства алюминия и соды.

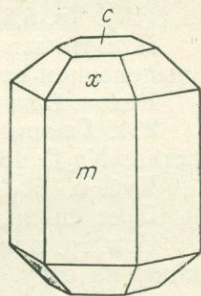


Рис. 165. Нефелин:  $c(0001)$ ,  $m(10\bar{1}0)$ ,  $x(4041)$

#### ГРУППА КАНКРИНИТА

**288. Канкринит**  $\text{Na}_6\text{Ca}(\text{CO}_3, \text{SO}_4)[\text{AlSiO}_4]_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

Гекс. с. Встречается в виде крупнозернистых выделений.

Цвет розовый, желтый, серый. Сп. совершенная (в отличие от элеолита). Тв. 5,5. Уд. в. 2,5.

*Разновидность.* Вишневит — сульфат-канкринит бледно-синего цвета.

П. п. тр. с трудом плавится в белое пузыристое стекло. В HCl разлагается с шипением и при нагревании дает студень.

*Происхождение, спутники и месторождения.* См. нефелин.

#### ГРУППА СОДАЛИТА

**289. Содалит**  $\text{Na}_8\text{Cl}_2[\text{AlSiO}_4]_6$ . Теоретический химический состав, отвечающий указанной формуле:  $\text{Na}_2\text{O}$  19,2%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  31,6%;  $\text{SiO}_2$  37,1%;  $\text{NaCl}$  12,1%.

Куб. с. Кристаллы редки, обычно зернистые массы.

Цвет синий, серый, зеленоватый. Сп. ясная по (110). Тв. 5,5. Уд. в. 2,3.

П. п. тр. плавится, иногда вспучиваясь. Легко разлагается в HCl с выделением студневидного кремнезема.

*Происхождение, спутники и месторождения.* См. нефелин.

**290. Нозеан**  $\text{Na}_8(\text{SO}_4)[\text{AlSiO}_4]_6$ . Указанной формуле отвечает содержание:  $\text{Na}_2\text{O}$  25,0%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  30,8%;  $\text{SiO}_2$  36,2%;  $\text{SO}_3$  8,0%.

Куб. с. Кристаллы мелкие, в виде октаэдров, рассеянных в породе, также сплошные зернистые массы.

Цвет пепельно- или желтовато-серый, иногда черный. После прокаливания некоторые нозеаны приобретают голубой цвет. Сп. ясная по (110). Тв. 5,5. Уд. в. 2,28—2,40.

П. п. тр. плавится в пузыристое стекло. Кислоты разлагают нозеан с выделением студневидного кремнезема.

Редок. Встречается в вулканических породах.

**291. Гаюин**  $\text{Na}_6\text{Ca}_2(\text{SO}_4)_2[\text{AlSiO}_4]_6$ . Указанной формуле отвечает состав:  $\text{Na}_2\text{O}$  18,8%;  $\text{CaO}$  5,7%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  31,0%;  $\text{SiO}_2$  36,4%;  $\text{SO}_3$  8,1%.

Куб. с. Большей частью встречается в виде зерен в породе.

Цвет синий, иногда серый, зеленоватый. Тв. 5,5. Уд. в. 2,5.

П. п. тр. плавится с трудом в пузыристое стекло. С содой дает реакцию на серу. Легко разлагается в HCl с выделением студенистого кремнезема.

*Происхождение.* Как и нозеан, встречается только в вулканических породах.

**292. Лазурит** (ляпис-лазурь)  $\text{Na}_6\text{Ca}_2(\text{S}, \text{SO}_4)[\text{AlSiO}_4]_6$ , что отвечает содержанию:  $\text{Na}_2\text{O}$  26,7%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  32,9%;  $\text{SiO}_2$  38,7%; S 3,4%.

Куб. с. Кристаллы редки; встречается в виде зерен в породе и в сплошных массах.

Цвет синий. Тв. 5,5. Уд. в. 2,4.

П. п. тр. плавится легко в белое стекло, со вскипанием. В HCl порошок быстро обесцвечивается и разлагается с образованием студневидного кремнезема и выделением  $\text{H}_2\text{S}$ .

*Происхождение.* Контактный — в известняках.

*Спутники.* Медный колчедан  $\text{CuFeS}_2$ , пирит  $\text{FeS}_2$ , иногда скаполит, диопсид  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , флогопит  $\text{KMg}_3(\text{OH}, \text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ , ортоклаз  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , мусковит  $\text{KAl}_2(\text{OH}, \text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ , апатит  $\text{Ca}_5(\text{Cl}, \text{F})[\text{PO}_4]_3$ , титанит  $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$ , циркон  $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ .

*Месторождения.* В СССР: Мало-Быстринское близ поселка Слюдянка на юге Байкала. За границей: Афганистан, район Бадахшана.

ГРУППА ГЕЛЬВИНА—ДАНАЛИТА

**293. Гельвин**  $Mn_4S[BeSiO_4]_3$  (MnO 51,4; BeO 13,6;  $SiO_2$  32,5; S 5,8). Марганец замещается железом, до 15% FeO, частично цинком.

Куб. с. Кристаллы — тетраэдры (рис. 166); также шарообразные массы.

Цвет медово-желтый, зеленый, красно-бурый. Сп. ясная. Тв. 6—6,5. Хрупкий. Уд. в. 3,16—3,36. Похож на гранат (не смешивать!).

П. п. тр. легко плавится. В HCl разлагается с выделением  $H_2S$  и студенистого кремнезема.

*Происхождение.* Встречается в пегматитах и контактово-метаморфических зонах. Минерал редкий.

*Спутники.* Гранат  $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$ , кварц, флюорит  $CaF_2$ .

*Значение.* В случае нахождения в значительном количестве может представить интерес как руда на бериллий.

**294. Даналит**  $(Fe, Zn, Mn)_4S[BeSiO_4]_3$ . Содержит до 14% BeO, до 18% ZnO и до 5,5% S.

Куб. с. Кристаллы в виде октаэдров; обычно образует сплошные массы.

Цвет мясо-красный или серый; просвечивает. Тв. 5,5—6. Уд. в. 3,43.

П. п. тр. легко сплавляется по краям в черную эмаль. Кислотами разлагается с выделением студенистого кремнезема и  $H_2S$ .

*Происхождение.* Встречается в гранитах, пегматитах, грейзенах и высокотемпературных кварцевых жилах.

*Спутники.* Магнетит  $FeFe_2O_4$ , кварц.

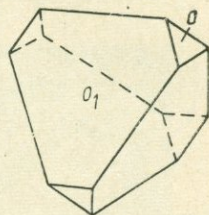
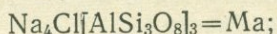


Рис. 166. Гельвин:  
 $o(111)$ ,  $o_1(1\bar{1}1)$

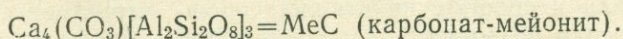
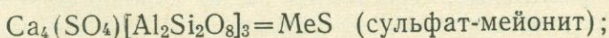
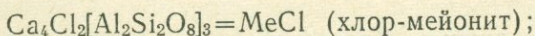
В. Скаполиты

ГРУППА МАРИАЛИТА — МЕЙОНИТА

Общая формула скаполитов может быть выражена так:  $mMa \cdot nMe(Cl, S, C)$ . Скаполиты представляют собой изоморфный ряд мариалит—мейонит. В составе скаполитов различают следующие компоненты: мариалитовая молекула:



мейонитовые молекулы:



Кроме перечисленных компонентов в состав скаполитов входят в небольшом количестве гидроксильные группы.

Группа скаполитов включает следующие минеральные виды:

**295. Мариалит** от  $Ma_{10}$  до  $Ma_8Me_2$ .

**296. Дипир** от  $Ma_8Me_2$  до  $Ma_5Me_5$ .

**297. Мицонит** от  $Ma_5Me_5$  до  $Ma_2Me_8$ .

**298. Мейонит** от  $Ma_2Me_8$  до  $Me_{10}$ .

Скаполиты кристаллизуются в тетрагональной сингонии, вид симм:  $L^4PC$ . Кристаллы призматического вида, иногда крупные, хорошо образованные (рис. 167); кроме того, встречаются сплошные зерни-

стые массы. Цвет белый, серый, зеленоватый, розоватый. Блеск стеклянный. Сп. совершенная. Тв. 5,5. Уд. в. 2,7—2,74.

П. п. тр. всучиваются и плавятся. В HCl частично разлагаются, и тем легче, чем больше содержание Me.

*Разновидности.* Строгановит — светло-зеленоватый, иногда в крупных кристаллах, известен с р. Слюдянки, на юге Байкала. Глауколит, голубовато-фиолетовый, сплошной — разновидность мейонита также со Слюдянки.

*Происхождение.* Контактный — в известняках.

*Спутники.*

Диопсид  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ ,  
тремолит  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ ,  
флогопит  $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ ,  
кальцит  $\text{CaCO}_3$ ,  
апатит  $\text{Ca}_5(\text{Cl}, \text{F})[\text{PO}_4]_3$ ,  
титанит  $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$ .  
Продукты изменения: каолинит  $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ ,  
эпидот  $\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$ ,  
цеолиты, слюды, альбит.

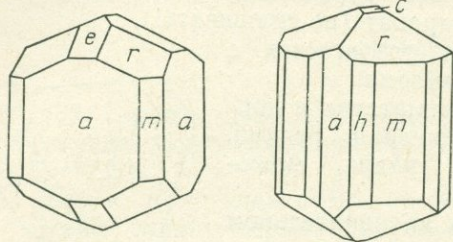


Рис. 167. Скаполит:  $a(100)$ ,  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  $h(210)$ ,  $e(101)$ ,  $r(111)$

*Месторождения.* В СССР: р. Слюдянка на юге Байкала — в кальцитовых жилах с диопсидом, флогопитом и апатитом; Питкаранта в Карелии — в рудных контактах в связи с известняками (в скарнах).

## Г. Цеолиты

Цеолиты представляют собой силикаты с очень подвижной «цеолитной» водой. Количество воды в них зависит от давления, температуры и влажности воздуха. Осторожным нагреванием можно обезводить цеолиты, но во влажной атмосфере они вновь будут ее поглощать. Цеолиты рассматриваются как твердые растворы воды в силикатах. Кроме воды, цеолиты могут поглощать  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и другие вещества. Цеолиты обладают также способностью обменивать одни основания на другие. Существуют искусственные цеолиты (пермутиты), в которых это свойство используется с целью улучшения качества воды, идущей на технические надобности.

Цеолиты являются главным образом алюмосиликатами кальция и натрия. Для них характерно почти полное отсутствие железа и магния.

Сингонии различные. Кристаллы редко хорошо образованы, чаще это сростки большого количества неделимых. В то же время кристаллы, двойники и сростки кристаллов очень характерны по внешнему виду и нередко позволяют различать цеолиты макроскопически.

Цвет белый, реже красноватый от механической примеси окислов железа. Блеск стеклянный, на некоторых плоскостях иногда перламутровый. Тв. 5—5,5. Уд. в. небольшой: 2,2—2,4.

П. п. тр. все цеолиты легко плавятся, вскипая. HCl разлагает цеолиты с выделением кремнезема разного вида (порошкового, иловатого, студенистого).

*Происхождение.* Минералы гидротермальные; встречаются среди излившихся пород (в пустотах и трещинах) как продукты поствулканических процессов и как вторичные продукты по полевому шпату, элеолиту, лейциту и др. При совместном нахождении обнаруживают в

большинстве случаев выдержанную последовательность выделения. Вначале обычно выделяются цеолиты, бедные водой и богатые кремнеземом, под конец — богатые водой, но бедные кремнеземом.

*Спутники.* Кальцит  $\text{CaCO}_3$ , пренит  $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ , датолит  $\text{CaV}(\text{OH})[\text{SiO}_4]$ , халцедон, кварц, селадонит. Продукты изменения: каолинит  $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , реже — вторичные цеолиты.

Структура цеолитов недостаточно изучена. В изученных структурах (в группе натролита) наблюдаются своеобразные каналы, обусловленные наличием четверных колец из алюмокремнекислородных тетра-

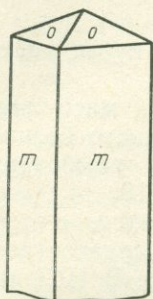


Рис. 168. Натролит:  
 $m(110)$ ,  
 $o(111)$

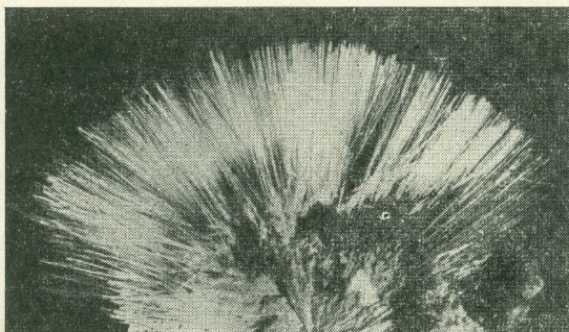


Рис. 169. Натролит

эдров; присутствие этих каналов позволяет объяснить характер и положение воды в цеолитах, а также проникновение катионов в структуру и обмен между ними.

#### ГРУППА НАТРОЛИТА

**299. Натролит**  $\text{Na}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Na}_2\text{O}$  16,3;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  26,8;  $\text{SiO}_2$  47,4;  $\text{H}_2\text{O}$  9,5).

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы удлиненно-призматические, напоминают кристаллы тетрагональной синг. (рис. 168), иногда игольчатые (рис. 169); часто срastaются в друзы или образуют плотные радиальнолучистые жилковатые корочки и прожилки; иногда образуют сплошные зернистые массы.

Обычно бесцветный либо слабо окрашен в сероватый или желтоватый цвет. Сп. совершенная по (110). Тв. 5—5,5. Уд. в. 2,17. Плавится в пламени восковой свечи. С кислотами дает студень.

*Разновидности.* Шпреуштейн (гнилой камень) — продукт изменения элеолита и других минералов.

*Происхождение.* Обычный минерал в миндалевидных пустотах базальта. Образуется при низких температурах одним из последних среди цеолитов.

*Месторождения.* В СССР: в ряде мест — крупные кристаллы и шпреуштейны.

**300. Сколецит**  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Кристаллы тонкопризматические, напоминают кристаллы натролита, часто образуют пучки и волокнистые агрегаты.

Бесцветный. Сп. совершенная по (110). Тв. 5—5,5. Уд. в. 2,16—2,24.

П. п. тр. извивается и легко плавится в белую пузыристую эмаль. В кислотах разлагается с образованием студня.

*Происхождение.* Гидротермальный, низкотемпературный.

*Месторождения.* В СССР: Вишневые горы, Урал — в связи с изменением эеолита и канкринита.

Кроме натролита и сколецита, к данной группе принадлежат мезолит и томсонит — промежуточные по составу Ca-Na цеолиты, обычно радиальнолучистые, по виду сходные с описанными; часто встречаются.

#### ГРУППА ШАБАЗИТА

### 301. Шабазит (хабазит) $(Ca, Na_2)[Al_2Si_4O_{12}] \cdot 6H_2O$ .

Триг. с. Кристаллы в виде ромбоэдров, напоминают кубы, часто образуют характерные двойники прорастания (рис. 170).

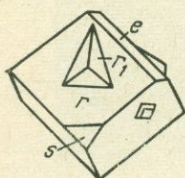


Рис. 170. Шабазит:  
 $r(10\bar{1}1)$ ,  
 $e(01\bar{1}2)$ ;  $s(20\bar{2}1)$

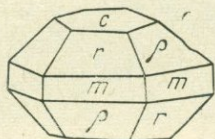


Рис. 171. Гмелинит:  
 $c(0001)$ ,  
 $m(10\bar{1}0)$ ,  $\bar{r}(10\bar{1}1)$ ,  
 $p(01\bar{1}0)$

Цвет белый, реже мясо-красный или коричневый; часто бесцветен. Сп. средняя по ромбоэдру. Тв. 4—5. Уд. в. 2,08—2,16.

П. п. тр. вспучивается, с трудом сплавляется в пузырчатое почти непрозрачное стекло. В HCl выделяет слизистый кремнезем.

*Происхождение.* Гидротермальный; поствулканический. Обычно в миндалевидных пустотах базальта. Иногда встречается в современных отложениях горячих источников.

### 302. Гмелинит $(Na_2, Ca)[Al_2Si_4O_{12}] \cdot 6H_2O$ .

Мон. с. Кристаллы обычно гексагонального облика (рис. 171).

Цвет желтоватый, зеленоватый, красноватый, мясо-красный; иногда бесцветен. Сп. средняя по (001). Тв. 4,5. Уд. в. 2,04—2,17.

П. п. тр. легко плавится в белую эмаль.

#### ГРУППА ГЕЙЛАНДИТА — ДЕСМИНА

### 303. Гейландит $(Ca, Na_2, Sr)[Al_2Si_6O_{16}] \cdot 5H_2O$ . Содержание SrO до 3,6%.

Мон. с.; вид симм. Р. Кристаллы таблитчатой формы (рис. 172).

Цвет белый; нередко окрашен в кирпично-красный цвет окисью железа. Блеск на плоскостях спайности перламутровый. Сп. совершенная по (010). Тв. 3,5—4. Уд. в. 2,18—2,22.

П. п. тр. плавится, вздуваясь и искривляясь, в пузыристое стекло. В HCl выделяется порошкообразный или слизистый кремнезем.

*Происхождение.* Гидротермальный — вместе с другими цеолитами в пустотах базальта, реже в рудных жилах.

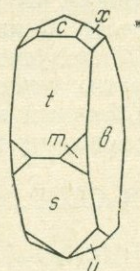


Рис. 172. Гейландит:  
 $b(010)$ ,  
 $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  
 $t(201)$ ,  $s(\bar{2}01)$ ,  
 $x(111)$ ,  $u(221)$



Рис. 173. Десмин

**304. Десмин** (стильбит)  $(\text{Na}_2\text{Ca})[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Содержит до 2,3%  $\text{Na}_2\text{O}$ , до 10%  $\text{CaO}$ .

Мон. с. Обычно наблюдаются сноповидные группы (рис. 173). Тонкопластинчатые кристаллы часто называют стильбитом.

Цвет белый, реже красноватый, часто бесцветен. Блеск на плоскостях спайности перламутровый. Сп. совершенная по (010). Тв. 3,5—4. Уд. в. 2,09—2,20.

П. п. тр. ведет себя, как гейландит. В  $\text{HCl}$  разлагается, но студня не образует.

#### ГРУППА ГАРМОТОМА

**305. Гармотом**  $(\text{Ba}, \text{K}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_5\text{O}_{14}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Содержит до 22%  $\text{BaO}$ , до 2%  $\text{K}_2\text{O}$ .

Мон. с. Кристаллы в виде сложных сростков (четверников) (рис. 174), которые иногда, в свою очередь, срстаются по три.

Бесцветный или слабо окрашен в сероватый, желтоватый или красноватый цвет. Блеск стеклянный. Сп. средняя по (010). Тв. 4,5. Уд. в. 2,44—2,50.

П. п. тр. плавится с трудом без вспучивания в молочно-белое просвечивающее стекло. Некоторые разности при нагревании люминесцируют. В  $\text{HCl}$  разлагается, студня не образует.

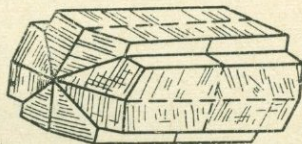


Рис. 174. Гармотом

*Происхождение.* Гидротермальный — в пустотах базальта и других излившихся пород, иногда в рудных жилах, часто с шабазитом.

**305а. Филлипсит**  $(\text{Ca}, \text{K}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 4,5\text{H}_2\text{O}$ . Сходен по виду с гармотомом (см. рис. 174), но является К-Са цеолитом. В отличие от гармотома обладает более совершенной спайностью. Тв. 4—4,5. Уд. в. 2,2.

П. п. тр. крошится и плавится в белую эмаль. С  $\text{HCl}$  образует студень.

## КАРБОНАТЫ

Карбонаты — соли угольной кислоты. Известно около 80 их минеральных видов. По массе они составляют около 1,7% веса земной коры. Широко распространены карбонаты кальция и магния. Из других наиболее известны карбонаты железа, натрия, бария, стронция и цветных металлов — меди, свинца и цинка. Различают карбонаты простые (без дополнительных анионов) и сложные (с дополнительными анионами), безводные и водные.

Форма выделения карбонатов — кристаллы, зернистые массы, наteki, налеты, корочки, иногда туфы.

Физические свойства — небольшая твердость (не выше 4,5), неметаллический блеск, светлая окраска, от бесцветных до ярко окрашенных в присутствии меди, марганца, никеля и других красителей. Уд. в. зависит главным образом от химического состава.

Все карбонаты вскипают с большей или меньшей легкостью в соляной и азотной кислотах с выделением  $\text{CO}_2$ . Легкость вскипания — важный диагностический признак отдельных минералов.

В большинстве карбонаты являются гипергенными продуктами гидроксидных реакций. Некоторые образуются в связи с жизнедеятельностью организмов, например карбонат кальция известняков. Гидротермальные карбонаты распространены в жилах, в контактово-метасоматических зонах, в отложениях минеральных источников, в минералах вулканических пород.

В карбонатном процессе важная роль принадлежит угольной кислоте, при участии которой образуются бикарбонаты, обычно более легко растворимые в воде, чем соответствующие средние соли. Растворимость  $\text{CO}_2$  в воде и вместе с этим растворимость карбонатов увеличивается с увеличением давления и с понижением температуры. Уменьшение давления и повышение температуры, напротив, вызывает отдачу углекислоты растворами и выделение карбонатов.

Многие карбонаты имеют практическое значение как руды железа, цинка, свинца, меди. Большие массы карбонатов — известняки, мраморы, доломиты, магнезиты — используются как строительный материал. Ниже дается классификация карбонатов.

## БЕЗВОДНЫЕ КАРБОНАТЫ

### Простые безводные карбонаты

#### *Группа кальцита (триг. с.)*

Кальцит  $\text{CaCO}_3$   
Магнезит  $\text{MgCO}_3$   
Смитсонит  $\text{ZnCO}_3$   
Родохрозит  $\text{MnCO}_3$   
Сидерит  $\text{FeCO}_3$   
Сферокобальтит  $\text{CoCO}_3$

#### Двойные соли:

Доломит  $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$   
Анкерит  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})[\text{CO}_3]_2$

#### *Группа арагонита (ромб. с.)*

Арагонит  $\text{CaCO}_3$   
Стронцианит  $\text{SrCO}_3$   
Витерит  $\text{BaCO}_3$   
Церуссит  $\text{PbCO}_3$

### Сложные безводные карбонаты (содержат $\text{OH}$ , $\text{Cl}$ , $\text{F}$ и другие анионы)

#### *Группа малахита — азурита*

Малахит  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$   
Азурит  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_2$   
Гидроцинкит  $\text{Zn}_5(\text{OH})_6[\text{CO}_3]_2$   
Аурихальцит  $(\text{Zn}, \text{Cu})_5(\text{OH})_6[\text{CO}_3]_2$

#### *Группа бастнезита*

Бастнезит  $(\text{Ce}, \text{La}...) \text{F}[\text{CO}_3]$   
Паризит  $\text{Ca}(\text{Ce}, \text{La}...)_2 \text{F}_2[\text{CO}_3]_3$

## Группа фосгенита

Фосгенит  $Pb_2Cl_2[CO_3]$

### Группа основных карбонатов висмута

Бисмутосферит  $Bi_2O_2[CO_3]$

## ВОДНЫЕ КАРБОНАТЫ

### Простые водные карбонаты

#### Группа содовых минералов

Термонатрит  $Na_2CO_3 \cdot H_2O$

Сода  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

Трона  $Na_3H[CO_3]_2 \cdot 2H_2O$

Гейлюссит  $Na_2Ca[CO_3]_2 \cdot 5H_2O$

### Сложные водные карбонаты

#### Группа гидромагнезита

Гидромагнезит  $Mg_5(OH)_2[CO_3]_4 \cdot 4H_2O$

Зарагит  $Ni_3[OH]_4[CO_3] \cdot 4H_2O$

## БЕЗВОДНЫЕ КАРБОНАТЫ

### Простые безводные карбонаты

#### группа кальцита

(тригональной сингонии)

Представляет собой изоморфный ряд широко распространенных и хорошо известных минералов, кристаллизующихся в триг. с. Признаками минералов этой группы являются: форма кристаллов в виде ромбоэдров и скаленоэдров, совершенная спайность по ромбоэдру, неболь-

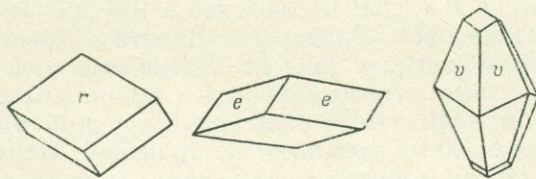


Рис. 175. Кальцит:  $r(10\bar{1}1)$ ,  $e(01\bar{1}2)$ ,  $v(2\bar{1}31)$

шая твердость — около 3—4. Происхождение преимущественно гипергенное, в зоне выветривания, и гидротермальное в жилах, часто вместе с сульфидами; иногда метаморфическое.

**306. Кальцит**  $CaCO_3$  (CaO 56,0;  $CO_2$  44,0).

Кристаллы отличаются разнообразием форм; вид симм.  $L_6^3L^23PC$ . Наиболее часто встречаются ромбоэдры и скаленоэдры (рис. 175). Обычны натечные формы (сталактиты, сталагмиты), сплошные зернистые массы (мрамор, известняк), туфы, землистые массы (мел).

Структура кальцита изображена на рис. 176.

Цвет белый, серый, желтый, розовый, синий; иногда бесцветен и совершенно прозрачен. Сп. совершенная по ромбоэдру. Тв. 3. Уд. в. 2,71. Характерно большое двойное лучепреломление: пластинки, выбитые по спайности, удваивают изображение.

П. п. тр. не плавится, становится белым или серым. В HCl легко разлагается с шипением. При нагревании в пробирке с раствором  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  порошок кальцита не изменяет цвета, в отличие от минералов группы арагонита, которые становятся фиолетовыми.

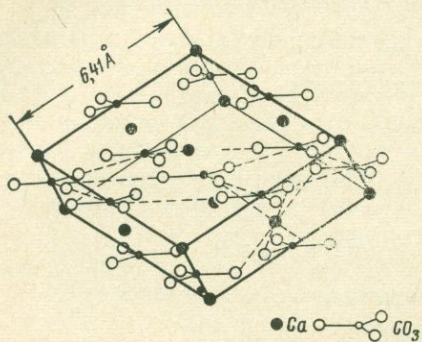


Рис. 176. Структура кальцита

*Разновидности.* Исландский шпат — бесцветная прозрачная разность, встречающаяся в пустотах лав и среди туфовых образований, иногда в жилах. Папиршпат (бумажный шпат) — тонколистватый, в виде тонких кристаллов, развившихся по базису (0001), и сплошных масс; гидротермальный, жильный. Антраконит — темно-бурый до черного; разновидность, окрашенная органическим веществом; при разбивании издает удушливый запах. Жилковатый или

атласный кальцит — тонкожилковатый, с перламутровым блеском. Кальцитовые ониксы — плотные, натечного характера, радиальнолучистые, иногда зональнополосчатые разности. Мучнистый кальцит — глиноподобный, состоит из отдельных мелких кристалликов (иногда доломит). Иматровы камни — мергелистые конкреции.

*Происхождение.* Гипергенный — в жилах, карстовых пещерах и жеодах среди осадочных пород; осадочный — известняки, туфы. Гидротермальный — в жилах, в миндалинах излившихся пород с цеолитами, халцедоном, кварцем, баритом. Метаморфический — мраморы.

*Месторождения.* В СССР: Вилуйское в Якутии — исландский шпат с цеолитами и халцедоном. Байдарские Ворота в Крыму — жилы крупнокристаллического кальцита типа исландского шпата. В Южной Киргизии — разнообразные натечные формы и кристаллы в карстовых пещерах; там же так называемый радиолит и «рудный мрамор» (крупнозернистый мраморовидный кальцит). За границей: Исландия — исландский шпат в пустотах в базальте; Италия — скульптурный мрамор; в Англии, Америке и других странах — хорошо окристаллизованный кальцит в парагенезисе с галенитом, сфалеритом и другими сульфидами.

*Значение.* Строительный и поделочный материал, флюс в металлургическом производстве. Прозрачные разности кальцита («исландский шпат») служат для изготовления николей для поляризованных микроскопов.

**307. Магнезит**  $\text{MgCO}_3$  (MgO 47,65;  $\text{CO}_2$  52,4). В виде примеси часто содержит  $\text{FeCO}_3$ .

Встречается в виде кристаллов-ромбоэдров, сплошных мраморовидных масс и натечков. Вид. симм.  $L_6^3 3L^2 3PC$ .

Цвет белый, желтоватый и серовато-белый. Тв. 3,5—4,5. Уд. в. до 3,1.

В HCl разлагается с трудом: только в порошке и при нагревании.

*Разновидности.* Мраморовидный магнезит — отличается от мрамора удлиненной ланцетовидной формой зерен (у мрамора зерна изометричные), большей твердостью, слабым вскипанием в HCl, но только в порошке и при нагревании. Фарфоровидный магнезит — белый, в виде желваков и натеков, иногда очень твердый, в связи с присутствием опаловидного кремнезема. К магнезиту также относят разновидности с высоким содержанием FeCO<sub>3</sub>: брейнерит, до 30% FeCO<sub>3</sub>, иногда крупные ромбоэдри в массе кристаллического талька; мезитит, до 50% FeCO<sub>3</sub>.

*Происхождение.* При метаморфизме основных изверженных горных пород в условиях глубин и метасоматически за счет карбонатов кальция при воздействии на них сульфатных магнезиальных растворов; при выветривании магнезиальных силикатов; при гидротермальном процессе в рудных жилах (редко).

*Спутники.* Опал SiO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O, серпентин Mg<sub>6</sub>(OH)<sub>8</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>], тальк Mg<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>], гидромагнезит Mg<sub>5</sub>(OH)<sub>2</sub>[CO<sub>3</sub>]<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O, керолит Mg<sub>4</sub>(OH)<sub>4</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>]·4H<sub>2</sub>O.

*Месторождения.* В СССР: Калканское в Челябинской области — фарфоровидный магнезит в связи со змеевиками; Саткинское (крупнейшее) в районе Свердловска на Урале — мраморовидный магнезит среди девонских доломитизированных известняков.

*Значение.* Огнеупорный строительный материал в металлургической промышленности.

**308. Смитсонит** ZnCO<sub>3</sub> (ZnO 64,8; CO<sub>2</sub> 35,2; Zn 52). В качестве примеси присутствуют карбонаты Fe, Mn, Mg, Cu; реже Cd. Иногда обнаруживается In.

Кристаллы редки, встречается большей частью в натечных формах и почковидных массах.

Цвет белый, серый, зеленоватый, голубоватый. Тв. 4,5—5. Уд. в. 4,4.

П. п. тр. не плавится. При прокаливании на угле дает ZnO. После смачивания Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и прокаливании в окислительном конусе налет окиси цинка переходит в ZnO·CoO зеленого цвета. В кислотах растворяется легко, с шипением.

*Происхождение.* Поверхностный — в зоне окисления свинцово-цинковых месторождений, главным образом в месторождениях в связи с известняками и доломитами.

*Спутники.* Сфалерит ZnS, галенит PbS, медные руды первичные и вторичные, лимонит HFeO<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O, каламин.

*Месторождения.* В СССР: Тетюхе в Приморском крае; рудники Кличкинский и др. в Нерчинском районе Читинской области; рудники Чагирский и Зыряновский на Алтае.

*Значение.* Важная цинковая руда.

**309. Родохрозит** (марганцевый шпат) MnCO<sub>3</sub> (MnO 61,7; CO<sub>2</sub> 38,3). Часто содержит Fe, Mg, Zn, реже Co.

Кристаллы редки. Большой частью встречается в шаровидных и почковидных агрегатах и сплошных зернистых массах.

Цвет розовый. Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,45—3,60.

П. п. тр. не плавится, чернеет. С бурой в окислительном конусе дает фиолетовый перл, в восстановительном конусе перл обесцвечивается. В HCl при обыкновенной температуре разлагается медленно.

*Происхождение.* Гидротермальный — в рудных жилах; контактовый и поверхностный (редко).

*Спутники.* Минералы серебра, свинца, меди; иногда окислы марганца и вольфрамит (гюбнерит).

*Месторождения.* В СССР: Джидинское в Бурятской АССР — с гюбнеритом, кварцем, сульфидами.

**310. Сидерит** (железный шпат)  $\text{FeCO}_3$  (FeO 62,1;  $\text{CO}_2$  37,9; Fe 48,2). Часто содержит примесь Mn и Mg.

Встречается в виде друз плоских ромбоэдров, кроме того, образует мраморовидные массы и шаровидные формы.

Цвет бурый. Блеск стеклянный. Тв. 3,5—4,5. Уд. в. 3,8.

П. п. тр. не плавится, чернеет и становится магнитным. В кислотах разлагается легко, с шипением. После реакции с HCl остается желто-зеленое пятно  $\text{FeCl}_3$ .

*Разновидности.* Сферосидериты — шаровидные плотные образования, часто со значительным содержанием глинистого вещества.

*Происхождение.* Гидротермальный — в рудных жилах; поверхностный — в глинах (сферосидериты) и в связи с известняками как продукт их замещения.

*Спутники.* Пирит  $\text{FeS}_2$ , галенит PbS, тетраэдрит  $\text{Cu}_3\text{SbS}_3$ , иногда серебряные руды; продукт изменения — лимонит.

*Месторождения.* В СССР: Бакальское (рудник Ельничный) и Алапаевское на Урале; в Курской и Воронежской областях — в осадочной известково-глинистой толще.

*Значение.* Ценная руда на железо.

**311. Сферокобальтит** (кобальтовый шпат)  $\text{CoCO}_3$  (CoO 61,0;  $\text{CO}_2$  39,0). Встречается в виде жилковатых натеков и радиальнолучистых шариков.

Цвет красновато-фиолетовый. Тв. 3—4. Уд. в. 4,1. Минерал редкий, гипергенный. Легко определяется при помощи п. тр. реакцией на Co.

**312. Доломит**  $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$  (CaO 30,4; MgO 21,7;  $\text{CO}_2$  47,9). Содержит Fe и Mn, реже Co и Zn.

Относится, в отличие от предыдущих карбонатов, к виду симм.  $L_6^3C$ .

Кристаллы — ромбоэдры, иногда седловидно изогнуты (рис. 177), также мраморовидные и землистые сплошные массы.

Цвет белый, зеленоватый. Блеск перламутровый. Тв. 3,5—4,0. Уд. в. 2,8—2,9.

В кислоте разлагается с трудом; в порошке вскипает.

*Разновидности.* Жемчужный шпат — друзы мелких седловидных кристаллов с сильным перламутровым блеском; гидротермальный — в жилах. Мангандоломит, содержит до 23,4% MnO.

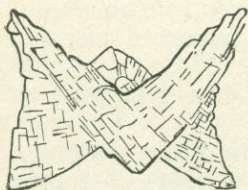


Рис. 177. Доломит

*Происхождение.* Образуется в мезотермальных жилах и отчасти при метаморфизме основных изверженных горных пород. Кроме того, возникает в зоне диагенеза и за счет известняков при воздействии на них магниезальных сульфатных растворов.

*Спутники.* Сидерит  $\text{FeCO}_3$ , родохрозит  $\text{MnCO}_3$ , серпентин  $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , тальк  $\text{Mg}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , брусит  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

*Месторождения.* В СССР: на западном склоне Урала среди отложений кунгурского яруса пермской системы; Донбасс — известняково-доломитовые пласты с гипсом и солью; Московская область — в отложениях карбона.

*Значение.* Строительный материал.

**313. Анкерит** (бурый шпат)  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})[\text{CO}_3]_2$ .

Представляет собой двойную соль, подобную доломиту, с тем различием, что в ней магний замещается в широких пределах железом и марганцем. Кодацит — разновидность, содержащая до 7%  $(\text{Ce}, \text{La} \dots)_2\text{O}_3$ .

Относится, как и доломит, к виду симм.  $L_6^3C$ . Кристаллы большей частью в виде тупых ромбоэдров; чаще встречаются сплошные зернистые образования.

Цвет белый и желтоватый, иногда, в случае значительного содержания марганца, слабо розоватый. Тв. 3,5. Уд. в. 2,95—3,01.

П. п. тр. чернеет. В  $\text{HCl}$  вскипает при нагревании.

*Происхождение.* Гидротермальный — в рудных жилах с пиритом, цинковой обманкой, иногда флюоритом, жильбертитом. При выветривании буреет от выделяющихся окислов железа.

**ГРУППА АРАГОНИТА**  
(ромбической сингонии)

Минералы этой группы встречаются реже предыдущих. Кристаллизуются в ромб. с., вид симм.  $3L^23PC$ . Спайность несовершенная, в от-

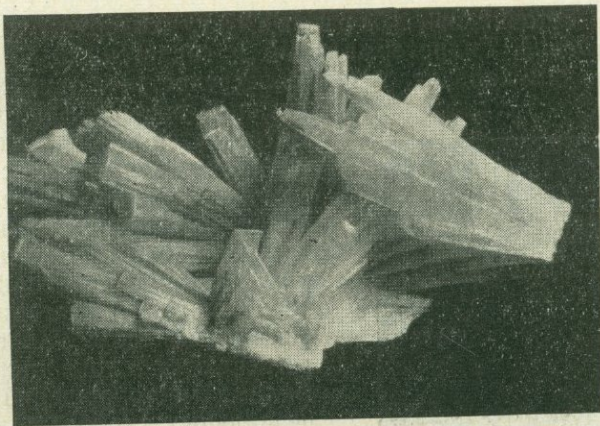


Рис. 178. Арагонит

личие от минералов группы кальцита. Легко вскипают в соляной кислоте. При нагревании с раствором  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  порошок минералов окрашивается в фиолетовый цвет.

**314. Арагонит**  $\text{CaCO}_3$  ( $\text{CaO}$  56,0;  $\text{CO}_2$  44,0). Содержит иногда примесь стронция, свинца, реже — цинка.

Кристаллы удлиненные, игольчатые, остропирамидальные и призматические (рис 178). Характерны тройники в виде гексагональных призм (рис. 179), натёки, оолиты и ветвистые формы.

Цвет белый, желтоватый, зеленоватый. Блеск стеклянный. Сп. несовершенная. Тв. 3,5—4. Уд. в. 2,95.

П. п. тр. не плавится. Легко вскипает в кислотах.

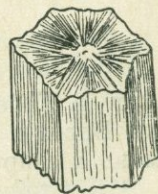


Рис. 179. Тройник арагонита

Тонкий порошок при кипячении с разбавленным раствором  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  становится фиолетовым в связи с образованием основной углекислой соли кобальта (отличие от кальцита).

*Разновидности.* Гороховый камень, оолитового сложения (рис. 180). Железные цветы, в виде спутанновистых стеблей

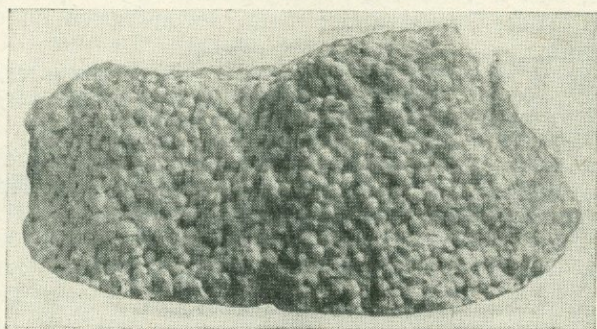


Рис. 180. Гороховый камень

белого цвета (рис. 181). Онксы и шпрудельштейны — натски минеральных источников. Тарновицит, содержит до 9%  $\text{PbCO}_3$ .

*Происхождение.* Гидротермальный и гипергенный. Распространен менее широко, чем кальцит, и редко встречается в жилах; самостоятельных жил обычно не образует. Встречается в миндалинах изверженных пород вместе с цеолитами и как выделение минеральных источников. В условиях поверхности менее устойчив, чем кальцит, в который медленно переходит. Характерно нахождение арагонита в месторождениях серы. Железные цветы встречаются в зоне окисления сульфидных месторождений среди магнезиальных карбонатных пород.

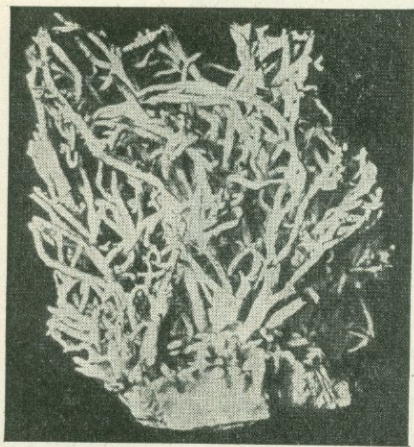


Рис. 181. Железные цветы

*Спутники.* Гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , целестин  $\text{SrSO}_4$ , сидерит  $\text{FeCO}_3$ , малахит  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2(\text{CO})_3$ , пирит  $\text{FeS}_2$ , халькопирит  $\text{CuFeS}_2$ . Обычны параморфозы кальцита по арагониту. Переход арагонита в кальцит происходит при повышенной температуре.

*Месторождения.* В СССР: Шорсу в Узбекской ССР — серное месторождение. За границей: Карловы Вары в Чехословакии — отложения минеральных вод (гороховый камень и шпрудельштейн); Сицилия — в залежах гипса и серы.

**315. Стронцианит  $\text{SrCO}_3$  (SrO 70,1;  $\text{CO}_2$  29,9).** Присутствует кальций, иногда в значительном количестве (кальциостронцианит).

Кристаллы в виде тонких иглоочек, соединенных в пучки и лучистые шарики; иногда толстые, боченковидные.

Бесцветный или зеленоватый. Сп. нет. Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,7.

*Происхождение.* Поверхностный — в жилах и трещинах среди осадочных пород. Вулканический, гидротермальный — в связи с поствулканическими процессами, в жилах и миндалинах.

*Спутники.* Целестин  $\text{SrSO}_4$ , барит  $\text{BaSO}_4$ , сера. Вмещающими породами являются: известняки, мергели, эффузивные породы.

*Месторождения.* В СССР: Крым, мыс Святого Ильи, окрестности Феодосии — в осадочных породах как продукт изменения целестина; небольшие количества, игольчатые кристаллики, напоминающие арагонит. За границей: Гамм, Вестфалия — жилы в мергелях.

### 316. Витерит<sup>1</sup> $\text{BaCO}_3$ (BaO 77,7; $\text{CO}_2$ 22,3).

Кристаллы напоминают дипирамидальные формы гексагональной сингонии (рис. 182). Обычно почковидные и сплошные агрегаты.

Бесцветный или сероватого цвета. Уд. в. 4,3.

П. п. тр. плавится в прозрачное стекло. Смоченный  $\text{HCl}$  окрашивает пламя в зеленый цвет и легко разлагается в ней с шипением.

*Происхождение.* Глубинный — в жилах с баритом, и поверхностный — вторичный по бариту. Редок.

*Спутники.* Барит  $\text{BaSO}_4$ , галенит  $\text{PbS}$ , сербросодержащие руды.

*Месторождения.* В СССР: рудники Арпаклен, Куручай в Туркменской ССР. За границей: свинцовые месторождения Дуфтон, Алстон Мур и другие в Англии.

*Значение.* Применяется в химической промышленности и красочном деле.

317. Церуссит (белая свинцовая руда)  $\text{PbCO}_3$  (PbO 83,5;  $\text{CO}_2$  16,5; Pb 77,5). Обычно чистый, иногда содержит Ag и Zn.

Кристаллы пластинчатые или игольчатые, характерны двойники (рис. 183). Часто встречается в виде землистых и плотных каменных масс.

Бесцветный, также белый и серый. Блеск алмазный. Уд. в. 6,5.

П. п. тр. растрескивается. На угле легко восстанавливается до металлического свинца. В  $\text{HCl}$  легко разлагается. Порошок, смоченный  $\text{HCl}$ , с каплей  $\text{KJ}$  дает яркое желтое пятно  $\text{PbJ}_2$ .

*Происхождение.* Поверхностный, в зоне окисления свинцовых руд.

*Спутники.* Галенит  $\text{PbS}$ , англезит  $\text{PbSO}_4$ ; пироморфит  $\text{Pb}_5\text{Cl}[\text{PO}_4]_3$ , ванадинит  $\text{Pb}_5\text{Cl}[\text{VO}_4]_3$ , вульфенит  $\text{PbMoO}_4$ , свинцовые охры  $\text{PbO}$ ; также сфалерит  $\text{ZnS}$ , каламин  $\text{Zn}_4(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Известны псевдоморфозы по пироморфиту и галениту.

*Месторождения.* Встречается почти во всех свинцовых месторож-

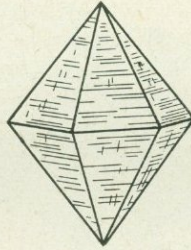


Рис. 182. Витерит

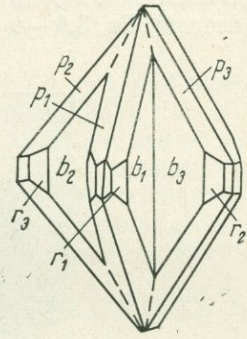


Рис. 183. Церуссит:  
 $b_1(010)$ ,  
 $r_1(130)$ ,  $p_1(111)$

<sup>1</sup> Кроме витерита, различают следующие карбонаты бария: альстонит, или бромлит, — возможно двойная соль  $\text{Ba}(\text{Ca}, \text{Sr})[\text{CO}_3]_2$ ; баритокальцит  $\text{BaCa}[\text{CO}_3]_2$ . Мон. с. близок по структуре к кальциту или доломиту; цвет белый, сп. совершенная, тв. 4, уд. в. 3,64—3,66.

дениях, иногда в промышленном количестве. В СССР: рудники Кадаинской и Тишинской в Нерчинском районе, Читинской обл., Змеиногорский и Золотушинский на Алтае; Ачисай и др. в Казахской ССР. За границей: Лидвилл в штате Колорадо, США и Брокен-Хилл в Южной Африке — крупнейшие по запасам церуссита.

*Значение.* Ценная свинцовая руда.

### Сложные безводные карбонаты

#### ГРУППА МАЛАХИТА—АЗУРИТА

**318. Малахит** (медная зелень)  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$  (CuO 71,9;  $\text{CO}_2$  19,9;  $\text{H}_2\text{O}$  8,2; Cu 57,4).

Мон. с. Образует натечные формы (рис. 184), налеты и землистые скопления. Иногда обнаруживает лучисто-жилковатое сложение. Цвет зеленый. Тв. 3,5—4. Уд. в. 4.

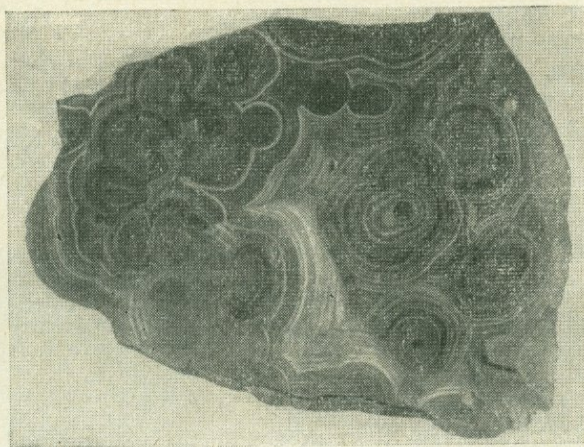


Рис. 184. Малахит

По цвету и форме выделений на малахит похожи фосфорохальцит и некоторые другие фосфаты и арсенаты меди, а также хризоколла  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , атакамит  $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ , брошантит  $\text{Cu}_4(\text{OH})_6[\text{SO}_4]$  (не смешивать с малахитом!).

П. п. тр. плавится, окрашивая пламя в изумрудно-зеленый цвет. Перл буры окрашивает в голубой цвет в окислительном конусе и в бурый — в восстановительном. Растворяется в аммиаке.

*Происхождение.* Поверхностный — в зоне окисления медных месторождений.

*Спутники.* Сернистые медные минералы, самородная медь, куприт  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

*Месторождения.* В СССР: Меднорудянский и Гумешевские рудники на Урале — отсюда известны лучшие в мире образцы малахита.

*Значение.* Ценный поделочный камень, сырье для производства зеленой краски.

**319. Азурит** (медная лазурь, или медная синь)  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_2$  (CuO 69,2;  $\text{CO}_2$  25,6;  $\text{H}_2\text{O}$  5,2; Cu 55,2).

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Кристаллы имеют вид коротких столбиков или толстых таблиц и большей частью соединены в друзы. Встречаются также сплошные массы и лучистые грубые агрегаты; иногда — желваки, налеты и земляные образования.

Цвет синий. Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,8. По цвету на азурит похожи линарит  $\text{PbCu}(\text{OH})_2[\text{SO}_4]$ , вивианит  $\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , лазурит (не смешивать с азуритом!).

П. п. тр. ведет себя как малахит. Растворяется в аммиаке.

*Происхождение и спутники.* Те же, что и у малахита. Часто образует псевдоморфозы по малахиту.

*Значение.* Производство синей краски.

**320. Гидроцинкит** (цинковые цветы)  $\text{Zn}_5(\text{OH})_6[\text{CO}_3]_2$  (ZnO 74,0;  $\text{CO}_2$  16,0;  $\text{H}_2\text{O}$  10,0; Zn 60,0).

Скрытокристаллический, в виде натеков, корочек, выцветов и земляных масс.

Цвет снежно-белый и бледно-желтый. Тв. 2,5. Уд. в. 3,2—3,8 вследствие значительного колебания состава, до  $\text{ZnCO}_3 \cdot 2\text{Zn}(\text{OH})_2$ .

На угле дает налет окиси цинка, который после смачивания разбавленным раствором  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  и прокаливании в окислительном пламени окрашивается в зеленый цвет. В HCl вскипает без нагревания.

*Происхождение.* Продукт выветривания цинковой обманки и каламина  $\text{Zn}_4(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Часто образуется на деревянных креплениях подземных выработок. Более редок, чем смитсонит.

*Спутники.* Смтсонит  $\text{ZnCO}_3$ , каламин  $\text{Zn}_4(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$ , малахит  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$ .

*Месторождения.* В СССР: рудник Такели в Северном Таджикистане; Карачаевское в Абхазии. За границей: Блейберг в Каринтии и Дорлес в Испании.

**321. Аурихальцит**  $(\text{Zn}, \text{Cu})_5(\text{OH})_6[\text{CO}_3]_2$ . Содержит до 28% CuO. Мон. с. Кристаллы мелкие, игольчатые, собранные в розетки. Цвет зеленовато-голубой с перламутровым блеском. Тв. 2.

Минерал редкий. Продукт окисления медно-цинковых руд. Известен в Локтевском и Заводинском рудниках на Алтае.

*Разновидности.* Латунные цветы, содержат меньшее количество меди и окрашены в более светлый зеленовато-голубой цвет. Образуют тонкожилковатые, волокнистые агрегаты.

#### ГРУППА БАСТНЕЗИТА

**322. Бастнезит**  $(\text{Ce}, \text{La} \dots)\text{F}[\text{CO}_3]$ . Содержит  $(\text{Ce}, \text{La})_2\text{O}_3$  свыше 70%.

Гекс. с. Кристаллы редки. Встречается в виде плотных мелкозернистых масс.

Цвет восково-желтый или красновато-бурый. Блеск жирный. Тв. 4—4,5. Уд. в. 4,93—5,18.

П. п. тр. не плавится. Легко разлагается HCl со вскипанием. При нагревании с  $\text{H}_2\text{SO}_4$  выделяет HF.

*Происхождение.* Минерал очень редкий. Встречается в пегматитах. Известен на Мадагаскаре.

**323. Паризит**  $\text{Ca}(\text{Ce}, \text{La} \dots)_2\text{F}_2[\text{CO}_3]_3$ . Содержит  $(\text{Ce}, \text{La})_2\text{O}_3$  до 50%. Гекс. с. Кристаллы редки. Обычно плотные зернистые массы. Цвет красновато-бурый до кирпично-красного. Сп. в свежих образ-

цах незаметна, в выветрелых — совершенная по (0001). Тв. 4—4,5. Уд. в. 4,35.

П. п. тр. не плавится. Разлагается HCl с трудом. При нагревании с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> выделяет HF.

*Происхождение.* Минерал очень редкий. Встречается в пегматитах. Известен на Украине. За границей — в изумрудных копях Мюсо в Колумбии.

#### ГРУППА ФОСГЕНИТА

**324. Фосгенит** (роговая свинцовая руда) Pb<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>[CO<sub>3</sub>] (Pb 78,3; Cl 13,6; CO<sub>2</sub> 8,3).

Тетр. с.; вид симм. L<sup>4</sup>L<sup>2</sup>. Кристаллы призматические, богаты гранями.

Цвет желтовато-белый и светло-зеленый. Блеск алмазный. Сп. средняя по (110) и (100). Тв. 2,5—3. Уд. в. 6—6,3.

П. п. тр. легко плавится в желтый королек. Вскипает в разбавленной HNO<sub>3</sub>, из раствора при прибавлении к нему азотнокислого серебра выделяется хлопьевидный осадок AgCl. На угле дает налет и королек свинца.

*Происхождение.* Минерал редкий. Продукт выветривания свинцовых руд. Легко переходит в церуссит.

*Месторождения.* В СССР: известен в Зыряновском руднике на Алтае.

#### ГРУППА ОСНОВНЫХ КАРБОНАТОВ ВИСМУТА

Минералы этой группы мало изучены. Представляют собой продукты окисления висмутовых минералов, главным образом висмутового блеска. Встречаются в виде корочек, желваков, плотных и землистых масс белого, серого и желтовато-зеленоватого цвета; иногда темные от оставшегося неокисленного сульфида.

*Спутники.* Висмутовый блеск Vi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> и висмут самородный, также арсенипирит FeAsS, молибденит MoS<sub>2</sub>, вольфрамит (Fe, Mn)WO<sub>4</sub> и шеелит CaWO<sub>4</sub>, поскольку они нередко находятся совместно с первичными минералами висмута.

Встречаются иногда в россыпях. Известны в месторождениях Забайкалья: Шерловая гора, Шахтама и др.

**325. Бисмутосферит** Vi<sub>2</sub>O<sub>2</sub>[CO<sub>3</sub>] (Vi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 91,3; CO<sub>2</sub> 8,7). Один из наиболее изученных карбонатов висмута. Встречается в сфероидальных формах с радиальнолучистой структурой.

Цвет желтый или серый до черновато-бурого. Тв. 3—3,5. Уд. в. 7,3—7,4. Легко плавится. В HNO<sub>3</sub> растворяется со вскипанием.

#### ВОДНЫЕ КАРБОНАТЫ

##### Простые водные карбонаты

#### ГРУППА СОДОВЫХ МИНЕРАЛОВ

**326. Термонатрит** Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O.

Ромб. с.; вид симм. 3L<sup>2</sup>3PC. Кристаллы таблитчатые, также зернистые и порошковатые массы и выцветы.

Бесцветный и белый. Тв. 1,5. Уд. в. 1,5. Кристаллы при нагревании не рассыпаются.

П. п. тр. плавится. Растворяется в воде. Легко вскипает в HCl.  
*Происхождение.* Химический озерный осадок, выцветы почв.  
*Спутники.* Сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , трона  $\text{Na}_3\text{H}[\text{CO}_3]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

*Месторождения.* Содовые озера Китая и Индии.

**327. Сода (натрит)**  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

Мон. с.; вид симм. L<sup>2</sup>PC. Встречается в виде порошковатых выцветов и корочек зернисто-жилковатого сложения.

Бесцветная, серая и желтоватая. Спайность совершенная по (100). Тв. 1—1,5. Уд. в. 1,42—1,47. Легко растворяется в воде и выветривается с переходом в термонатрит.

*Происхождение.* Химический осадок озер, отлагается в холодное время; в теплое время садится термонатрит. Очень нестойкая. Легко переходит в другие содовые минералы.

*Спутники.* Термонатрит  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , трона  $\text{Na}_3\text{H}[\text{CO}_3]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , мирабилит  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , тенардит  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

*Месторождения.* В СССР: содовые озера Кулундинской степи в Западной Сибири и Казахстане — Петуховское, Мельниковское и др. За границей: озера Калифорнии и Невады (США) и Нижнего Египта.

*Значение.* Ценный химический продукт; применяется в химической промышленности, стекольном и других производствах.

**328. Трона**  $\text{Na}_3\text{H}[\text{CO}_3]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Мон. с.; вид симм. L<sup>2</sup>PC. Кристаллы таблитчатые; чаще кристаллические корки.

Бесцветная, белая или желтая от примесей. Сп. весьма совершенная. Тв. 2,5. Уд. в. 2,17. На воздухе не выветривается.

*Происхождение и спутники.* Те же, что и у предыдущих содовых минералов.

*Значение.* Сырье для производства соды.

**329. Гейлюссит (натрокальцит)**  $\text{Na}_2\text{Ca}[\text{CO}_3]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

Мон. с.; вид симм. L<sup>2</sup>PC. Кристаллы удлиненные или пирамидальные, вследствие развития граней (110) и (011).

Бесцветный, белый или серый. Спайность совершенная по (110). Тв. 2,5. Уд. в. 1,95. На воздухе расплывается. Вода выщелачивает  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

*Происхождение.* Образуется во многих соляных озерах.

## Сложные водные карбонаты

### ГРУППА ГИДРОМАГНЕЗИТА

**330. Гидромагnezит**  $\text{Mg}_5(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (MgO 43,1; CO<sub>2</sub> 37,6; H<sub>2</sub>O 19,3).

Мон. с. Кристаллы редки. Встречается в виде землистых масс и мелоподобных корочек.

Цвет снежно-белый. Тв. 3,5. Уд. в. 2,16.

П. п. тр. не плавится. В закрытой трубке при нагревании выделяет много воды, при прокаливании с  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  окрашивается в розоватый цвет.

*Происхождение.* Продукт выветривания магнезиальных силикатов; переходит в магнезит.

*Спутники.* Серпентин  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ , магнезит  $MgCO_3$ , брусит  $Mg(OH)_2$ , арагонит  $CaCO_3$ .

*Месторождения.* В СССР: Халиловское на Урале — с никелевыми силикатными рудами; Харангонское по р. Харангон к северу от Душанбе в Гиссарском хребте — в контактовой зоне с доломитизированными известняками.

**331. Заратит** (никелевый изумруд)  $Ni_3(OH)_4[CO_3] \cdot 4H_2O$  или  $NiCO_3 \cdot 2Ni(OH)_2 \cdot 4H_2O$  (NiO 59,6;  $CO_2$  11,7;  $H_2O$  28,7).

Аморфный. Образует натёки и корочки. Цвет изумрудно-зеленый. Тв. 3. Уд. в. 2,6.

П. п. тр. не плавится. С бурой дает красновато-бурый перл в окислительном конусе и серый — в восстановительном.

*Происхождение.* Минерал редкий. Гипергенный. Встречается с хромитом в серпентине.

## НИТРАТЫ

Нитраты — соли азотной кислоты. К природным нитратам относятся азотнокислые соли Na, K, Ca, Mg, Ba, называемые обычно селитрами. Это минералы относительно редкие. Наибольший интерес представляют натриевая (чилийская) и калиевая селитры.

По внешнему виду это солеобразные массы, выцветы, корочки, налеты. Все селитры хорошо растворяются в воде, обладают жгучим вкусом, дают вспышку, при нагревании с порошком угля, особенно после предварительного просушивания.

Селитры — поверхностного, преимущественно биогенного происхождения, возникают при гниении органических остатков. В этом процессе азот сложных органических соединений идет на образование аммиака, который в дальнейшем нитрофицирующими бактериями переводится в азотистую и азотную кислоты; последняя служит для образования нитратов. Кроме того, существуют бактерии, которые непосредственно связывают свободный азот в аммиак или в аммиачную соль азотистой кислоты. Возможно образование азотистых соединений в природе также за счет азота воздуха в результате грозových разрядов.

**332. Чилийская селитра**  $NaNO_3$  ( $Na_2O$  36,5;  $N_2O_5$  63,5).

Триг. с.; вид симм.  $L_6^3 3L^2 PC$ . Кристаллографически сходна с кальцитом, но не дает смешанных кристаллов.

Цвет белый, красновато-бурый или желтый. Сп. совершенная по ромбоэдру. Тв. 1,5—2. Уд. в. 2,24—2,29. Подобно кальциту, обнаруживает сильное двойное лучепреломление: для кальцита  $n_g - n_p = 0,172$ , для Na-селитры  $n_g - n_p = 0,251$ . Характерна значительная гигроскопичность в отличие от калиевой селитры.

*Происхождение.* Экзогенное — в сухих жарких областях, лишенных растительности, при биохимическом разложении (окислении) азотсодержащих органических веществ (гуано).

*Месторождения.* Классическим месторождением является Чилийское, открытое в 1819 г., с запасами свыше 200 млн. т.

Селитра залегает в поверхностных слоях в смеси с NaCl, и  $MgSO_4$  и  $Na_2SO_4$ .

*Значение.* Важное сырье для получения  $HNO_3$  и изготовления пороха.

### 333. Калиевая селитра $\text{KNO}_3$ ( $\text{K}_2\text{O}$ 46,5; $\text{N}_2\text{O}_5$ 53,5).

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Изоструктурна (одинакова по структуре) с арагонитом, но не дает с ним смешанных кристаллов. Образует псевдогексагональные двойники.

Цвет белый. Сп. совершенная по (011). Тв. 2. Уд. в. 2,09—2,14. Не изменяется при хранении (негигроскопична).

*Происхождение.* Образуется при разложении органических веществ: находится в почве на месте старых городищ, выпасов большого количества скота, скопления гуано и т. п.

*Месторождения.* Крупных скоплений, в отличие от  $\text{Na}$ -селитры, не образует, зато имеет более широкое распространение. Известна во многих местах Средней Азии — выцветы почв; в Дагестане — выцветы на скалах известняков.

*Значение.* Служит для удобрения почв, приготовления пороха, азотной кислоты.

## БОРАТЫ

Бораты — соли различных борных кислот: метаборной  $\text{HBO}_2$ , ортоборной  $\text{H}_2\text{BO}_3$ , тетраборной  $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$  и др. Особенно многочисленны бораты полиборных кислот, в частности гексаборной кислоты  $\text{H}_4\text{B}_6\text{O}_{11}$ .

Известно около 40 боратов, но их роль в строении земной коры незначительна. Основная масса бора сосредоточена в силикатах.

В составе боратов преобладают кальций, магний и натрий. Редки бораты железа. В единичных образцах отмечены бораты алюминия и олова. Многие бораты содержат воду. Известны сложные сульфатобораты и хлоробораты.

Кристаллическая структура боратов во многих случаях сложна и не вполне изучена. Установлены структуры типа кольцевых, цепочечных, ленточных, близкие к аналогичным структурам силикатов. Различие в том, что здесь бор находится в центре не кислородных тетраэдров, а равносторонних кислородных треугольников.

Бораты обычно бесцветны или белого цвета; удельный вес и твердость небольшие. За немногими исключениями они легко растворяются в соляной кислоте, а некоторые — и в воде.

В основном это осадки озер и выцветы почв. Гидротермальные бораты встречаются в вулканических местностях. Бораты магматического происхождения и контактово-метаморфические представляют большую редкость. Гипергенные бораты образуют крупные промышленные месторождения.

Ниже описаны только наиболее интересные бораты в порядке следующей классификации.

### Безводные бораты

Гамбергит  $\text{Be}_2(\text{OH})[\text{BO}_3]$   
Ашарит ( $\beta$ )  $\text{MgH}[\text{BO}_3]$   
Людвигит  $(\text{Mg, Fe})_2\text{Fe}^{\cdot\cdot}\text{O}_2[\text{BO}_3]$   
Боразит ( $\beta$ )  $\text{Mg}_3\text{OCl}[\text{B}_3\text{B}_4\text{O}_{12}]$   
Норденшильдит  $\text{CaSn}[\text{BO}_3]_2$   
Еремеевит  $\text{Al}[\text{BO}_3]$

## Водные бораты

Бура  $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_7] \cdot 10\text{H}_2\text{O}$   
Боронатрокальцит  $\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_9] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
Гидроборатит  $\text{MgCa}[\text{B}_6\text{O}_{11}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   
Пандермит  $\text{Ca}_2(\text{OH})[\text{B}_5\text{O}_9] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$   
Колеманит  $\text{Ca}_2[\text{B}_6\text{O}_{11}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   
Иниоит  $\text{Ca}_2[\text{B}_6\text{O}_{11}] \cdot 13\text{H}_2\text{O}$

## БЕЗВОДНЫЕ БОРАТЫ

**334. Гамбергит**  $\text{Be}_2\text{OH}[\text{BO}_3]$  (BeO 53,3;  $\text{B}_2\text{O}_3$  37,1;  $\text{H}_2\text{O}$  9,6).

Ромб. с. Кристаллы призматические.

Цвет серовато-белый. Сп. совершенная по (010) и (100). Тв. 7,5. Уд. в. 2,34.

*Происхождение.* Очень редок. Пегматитовый. Встречен в Лангезундфьорде (Южная Норвегия) и в пегматитах Мадагаскара, из которых известны замечательные кристаллы.

**335. Ашарит** ( $\beta$ )  $\text{MgH}[\text{BO}_3]$  (MgO 47,9;  $\text{B}_2\text{O}_3$  41,4;  $\text{H}_2\text{O}$  10,7).

Ромб. с. Представляет собой мелоподобные марающие массы и желваки скрытокристаллического волокнистого сложения.

Цвет снежно-белый. Тв. плотного ашарита 3,5. Уд. в. 2,68.

П. п. тр. сплавляется в эмаль; плавкость выше, чем у боратов, содержащих кальций. В воде нерастворим. В кислотах растворяется с трудом.

Минерал очень редкий, но в Индерском месторождении Западного Казахстана находится в промышленных количествах.

*Происхождение.* Гипергенный. Вторичный минерал, главным образом по гидроборатиту. Встречается в Индерском месторождении вместе с другими боратами: пандермитом, колеманитом, иниоитом, улекситом, гидроборатитом, индеритом в глинисто-гипсовых породах в кровле соляного купола.

**336. Людвигит**  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Fe}^{\text{III}}\text{O}_2[\text{BO}_3]$ . Содержит до 16%  $\text{B}_2\text{O}_3$ , до 32% MgO, до 57%  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ .

Ромб. с. Образует агрегаты тонковолокнистого сложения. Цвет черновато-зеленый. Тв. 5. Уд. в. 4.

П. п. тр. плавится с трудом в тонких осколках. В кислотах легко растворяется. Раствор в HCl окрашивает куркумовую бумажку, при осторожном высушивании, в красный цвет.

*Происхождение.* Контактново-метасоматический в известняках и магнетитах.

*Месторождения.* В СССР: Додинское железорудное в Забайкалье.

Близки к людвигиту: пинакиолит — марганцевый людвигит, в виде мелких прямоугольных табличек. Цвет черный. Блеск полуметаллический. Очень редок. Известен в месторождениях Лонгбансгюттан, Швеция. В онсенит  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{Fe}^{\text{III}}\text{O}_2[\text{BO}_3]$ . Тонкорадиальнолучистые агрегаты в виде сферолитов, сливающихся в сплошные массы. По внешнему виду напоминают турмалин. Цвет черный. Тв. 5. Уд. в. 4,21. По происхождению контактовый, в связи с известняками.

**337. Боратит** ( $\beta$ ).  $\text{Mg}_3\text{OSi}[\text{B}_3\text{B}_4\text{O}_{12}]$ .

Синг. псевдокубич. Встречается в формах куб. с. (рис. 185), но по структуре ромбический (при нагревании до  $265^\circ$  переходит в  $\alpha$ -модификацию). Также образует сплошные зернистые массы.

Бесцветный. Сп. нет. Тв. 7. Уд. в. 2,9—3.

П. п. тр. плавится, вскипая, и образует кристаллический шарик, причем пламя окрашивается в зеленый цвет; от присадки окиси меди окраска пламени изменяется в лазуревую-синюю. В HCl растворяется.

*Происхождение.* Минерал соляных месторождений морского типа.

*Спутники.* Ангидрит  $\text{CaSO}_4$ , гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , галит  $\text{NaCl}$  и др.

*Месторождения.* В СССР достоверно неизвестен. За границей: в ГДР — в виде кристаллов в гипсе и ангидрите и самостоятельных пластов, сложенных плотным зернистым борацитом белого цвета.

*Значение.* Руда на бор.

**338. Норденшильдит**  $\text{CaSn}[\text{BO}_3]_2$   
(CaO 20,3; SnO<sub>2</sub> 54,5; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 25,2).

Триг. с. Кристаллы в виде пластинок.

Цвет серно-желтый. Сп. совершенная по (0001). Тв. 5,5—6. Уд. в. 4,2. Минерал очень редкий. Известно единственное месторождение Лангезундфьорд в Южной Норвегии.

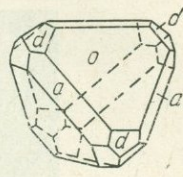
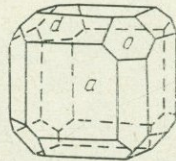


Рис. 185. Борацит:  $a(100)$ ,  $d(110)$ ,  $o(111)$

**339. Еремеевит**  $\text{Al}[\text{BO}_3]$  (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 59,4; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 40,6).

Ромб. с. Встречается в виде хорошо образованных одиночных по внешнему виду гексагональных кристаллов, напоминающих берилл. Под микроскопом обнаруживает сложное прорастание нескольких неделимых.

Цвет бледно-желтый до бесцветного. Сп. нет. Тв. 6,5. Уд. в. 3,28.

*Происхождение.* Пегматитовый или, может быть, пневматолитический. Встречен в гранитном щебне на гор. Соктуй в Забайкалье. Других месторождений неизвестно.

Название «еремеевит» относится только к наружной части кристалла, внутреннее ядро которого представляет собой тройник ромб. с. и получило название «эйхвальдиг».

## ВОДНЫЕ БОРАТЫ

**340. Бура** (тинкал)  $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_7] \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (Na<sub>2</sub>O 16,2; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 36,6; H<sub>2</sub>O 47,2). Мон. с.; вид симм. L<sup>2</sup>PC. Кристаллы, выцветы и корочки.

Цвет белый. Сп. совершенная по (010). Тв. 2. Уд. в. 1,7.

П. п. тр. сильно вспучивается, сплавляясь под конец в прозрачное бесцветное стекло. Растворяется в воде.

*Происхождение.* Химический осадок озер (Калифорния и Тибет); грязевые сопки (Таманский полуостров).

*Значение.* Промышленный минерал на бор.

**341. Боронатрокальцит** (улексит)  $\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_9] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (Na<sub>2</sub>O 7,7; CaO 13,8; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 43,0; H<sub>2</sub>O 35,5).

Мон. с. Встречается в виде тонковолокнистых сплошных масс и желваков или в виде скоплений тонкорадиальнолучистых агрегатов.

Цвет белый. Блеск шелковистый. Тв. 1. Уд. в. 1,65.

П. п. тр. вспучивается и плавится в светлое пузыристое стекло. Растворяется в горячей воде и кислотах; раствор окрашивает куркумовую бумажку в красный цвет.

*Происхождение.* Гипергенный — в отложениях озер или как продукт замещения в глинистых гипсоносных породах в кровле соляных купо-

лов; в отложениях грязевых сопок в связи с нефтяными месторождениями.

*Спутники.* Колеманит  $\text{Ca}_2[\text{B}_6\text{O}_{11}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , инионт  $\text{Ca}_2[\text{B}_6\text{O}_{11}] \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ , гидроборацит  $\text{MgCa}[\text{B}_6\text{O}_{11}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

*Месторождения.* В СССР: Индерское — в породах кровли (в глинистых гипсоносных породах) соляного купола. За границей: Невада — в солончаках западной части Эсмеральды; Калифорния — отложения озер.

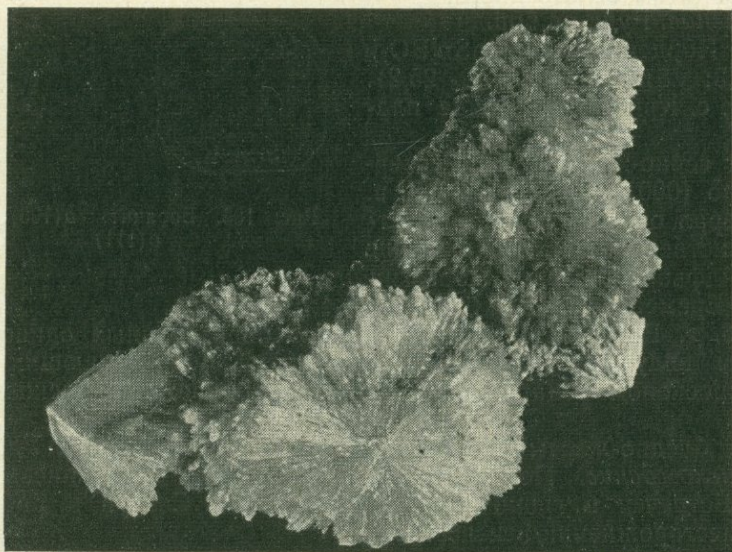


Рис. 186. Гидроборацит

*Значение.* Руда на бор.

**342. Гидроборацит**  $\text{MgCa}[\text{B}_6\text{O}_{11}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (CaO 13,5; MgO 9,7;  $\text{B}_2\text{O}_3$  50,7;  $\text{H}_2\text{O}$  26,1).

Мон. с. Образует красивые лучисто-жилковатые агрегаты, иногда шаровидной формы (рис. 186).

Цвет белый. Тв. 2. Уд. в. 2. Сп. совершенная в одном направлении. Напоминает гипс.

П. п. тр. легко плавится. Смоченный  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при прокаливании окрашивает пламя в слабо зеленый цвет. Раствор в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с метиловым спиртом горит зеленым пламенем.

*Происхождение.* Химический озерный осадок (Калифорния) и продукт метасоматического замещения глинисто-гипсовых пород в кровле соляного купола (Индерское месторождение); иногда продукт вулканической деятельности.

*Спутники.* Гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , колеманит  $\text{Ca}_2[\text{B}_6\text{O}_{11}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , борнатрокальцит (улексит)  $\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_9] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  и др.

*Месторождения.* В СССР: Индерское Гурьевской области Казахской ССР — в кровле соляного купола в глинисто-гипсовых отложениях. За границей: Калифорния и Невада — осадки борных озер, с колеманитом и бурой.

*Значение.* Руда на бор.

**343. Пандермит**  $\text{Ca}_2(\text{OH})[\text{B}_5\text{O}_9] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

Мон. синг. Встречается в виде желваков и плотных скрытокристаллических масс в гипсе; напоминает фарфоровидный магнезит.

Цвет белый. Тв. 3. Уд. в. 2,4.

Значительное распространение имеет в Индерском месторождении. За границей известен на о. Пандерма у южных берегов Черного моря.

**344. Колеманит**  $\text{Ca}_2[\text{B}_6\text{O}_{11}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (СаО 27,2;  $\text{B}_2\text{O}_3$  50,9;  $\text{H}_2\text{O}$  21,9).

Мон. с.; вид симм.  $\text{L}^2\text{PC}$ . Крупнокристаллический. Часто образует друзы и столбчатые груборадialные агрегаты; в этом отношении напоминает иниоит.

Бесцветный и молочно-белый. Тв. 4—4,5. Уд. в. 2,42. Сп. совершенная по (010).

П. п. тр. растрескивается, расщепляется на листочки и не вполне сплавляется, окрашивая пламя в желтовато-зеленый цвет. Растворяется в  $\text{HCl}$ ; при охлаждении из раствора выпадает борная кислота.

*Происхождение.* Принадлежит к числу распространенных боратов озерного происхождения. Известен в Индерском месторождении как продукт изменения пандермита.

*Значение.* Важная руда на бор.

**345. Иниоит**  $\text{Ca}_2[\text{B}_6\text{O}_{11}] \cdot 13\text{H}_2\text{O}$  (СаО 20,5;  $\text{B}_2\text{O}_3$  37,2;  $\text{H}_2\text{O}$  42,3).

Мон. с.; вид симм.  $\text{L}^2\text{PC}$ . Кристаллы крупные таблитчатые.

Бесцветный. Тв. 2 (отличие от колеманита). Уд. в. 1,87. Сп. совершенная по (001). Легко выветривается с потерей воды, при этом мутнеет и рассыпается в белый мучнистый порошок.

П. п. тр. растрескивается и плавится, окрашивая пламя в зеленый цвет. Легко растворяется в кислотах.

В большом количестве известен в Индерском месторождении, где образовался за счет улексита (боронатрокальцита). В других месторождениях редок.

*Значение.* Руда на бор.

## ФОСФАТЫ, АРСЕНАТЫ, ВАНАДАТЫ

Минералы этой группы являются солями фосфорной, мышьяковой и ванадиевой кислот. Всего относится сюда около 350 минеральных видов. По массе они составляют около 0,7% веса земной коры. Преобладают соединения Са, Mg, Fe, Mn, отчасти Al. Нередки соединения Pb, Cu и Zn в зоне окисления рудных месторождений. Известно много водных соединений и солей основного типа.

Диагностика минералов этой группы представляет значительные трудности. Многие минералы очень редки.

Минералы — в большинстве гипергенные, образуются в поверхностной зоне в результате разложения органических остатков (фосфаты), окисления мышьяковистых соединений (арсенаты) и за счет рассеянного в осадочных породах ванадия (ванадаты). Некоторые фосфаты — глубинного происхождения.

Наибольшее распространение и значение имеют фосфаты.

Ниже приводится классификация, в порядке которой дано описание важнейших минералов.

## БЕЗВОДНЫЕ ФОСФАТЫ И ИХ АНАЛОГИ

### Простые соединения

#### Группа литиофилита — трифилина

Литиофилит  $\text{Li}(\text{Mn}, \text{Fe})[\text{PO}_4]$   
Трифиллин  $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Mn})[\text{PO}_4]$

#### Группа ксенотима — монацита

Ксенотим  $\text{YPO}_4$   
Монацит  $\text{CePO}_4$

### Сложные соединения

#### Группа амблигонита — триплита

Амблигонит  $\text{LiAl}(\text{F}, \text{OH})[\text{PO}_4]$   
Гердерит  $\text{BeCa}(\text{OH}, \text{F})[\text{PO}_4]$   
Вагнерит  $\text{Mg}_2\text{F}[\text{PO}_4]$   
Триплит  $(\text{Mn}, \text{Fe})_2\text{F}[\text{PO}_4]$

#### Группа апатита

Апатит  $\text{Ca}_5(\text{Cl}, \text{F})[\text{PO}_4]_3$   
Пироморфит  $\text{Pb}_5\text{Cl}[\text{PO}_4]_3$   
Миметезит  $\text{Pb}_5\text{Cl}[\text{AsO}_4]_3$   
Ванадинит  $\text{Pb}_5\text{Cl}[\text{VO}_4]_3$

#### Группа либетенита

Либетенит  $\text{Cu}_2(\text{OH})[\text{PO}_4]$   
Оливенит  $\text{Cu}_2(\text{OH})[\text{AsO}_4]$   
Адамин  $\text{Zn}_2(\text{OH})[\text{AsO}_4]$

#### Группа лазулита

Лазулит  $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{PO}_4]_2$

## ВОДНЫЕ ФОСФАТЫ И ИХ АНАЛОГИ

### Простые соединения

#### Группа урановых слюдок

Торбернит  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
Отунит  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
Цейнерит  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
Карнотит  $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2[\text{VO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} (?)$   
Тюямунит  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{VO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

#### Группа вивианита

Вивианит  $\text{Fe}^{2+}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
Эритрин  $\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
Аннабергит  $\text{Ni}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

#### Группа скородита

Скородит  $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

### Сложные соединения (типа основных солей)

Бирюза  $\text{CuAl}_6(\text{OH})_8[\text{PO}_4]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
Бавеллит  $\text{Al}_3(\text{OH})_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

## БЕЗВОДНЫЕ ФОСФАТЫ И ИХ АНАЛОГИ

### Простые соединения

#### ГРУППА ЛИТИОФИЛИТА—ТРИФИЛИНА

**346—347. Литиофилит**  $\text{Li}(\text{Mn}, \text{Fe})[\text{PO}_4]$  и **трифиллин**  $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Mn})[\text{PO}_4]$ . В литиофилите до 41%  $\text{MnO}$ , до 13%  $\text{FeO}$ , в трифиллине до 18%  $\text{MnO}$ , до 36%  $\text{FeO}$ , до 9%  $\text{Li}_2\text{O}$ .

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы редки. Обычно плотные массы и крупнокристаллические выделения.

Цвет литиофилита розовый, желтый, бурый; цвет трифилина зеле-

новатый или голубой. Сп. совершенная по (001). Тв. 4,5. Уд. в. 3,42—3,56.

П. п. тр. легко плавится, окрашивая пламя в красный цвет. Окраска пламени особенно хорошо заметна, если порошок минерала, смоченный  $H_2SO_4$ , прокалить в ушке платиновой проволоки. Дают реакцию на Mn и Fe с перлом буры. С порошком магнезия дают реакцию на фосфор. Растворяются в HCl.

*Происхождение.* Встречаются в пегматитах гранитного типа.

*Спутники.* Кварц, альбит  $Na[AlSi_3O_8]$ , лепидолит, полихромный турмалин, берилл  $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$ , иногда касситерит  $SnO_2$  и колумбит  $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$ .

*Месторождения.* В СССР: пегматиты Средней Азии.

#### ГРУППА КСЕНОТИМА—МОНАЦИТА

**348. Ксенотим**  $YPO_4$  ( $Y_2O_3$  62,13;  $P_2O_5$  37,87). Часто содержит Er и Ce, кроме того, Th, Si.

Тетр. с.; вид симм.  $L^4L^25PC$ . Кристаллы пирамидально-призматические, вросшие в породу, напоминают циркон (рис. 187); иногда сростается в параллельном положении с цирконом (рис. 188).

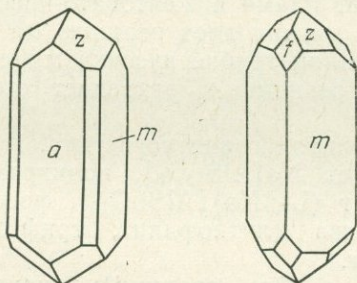


Рис. 187. Ксенотим:  $a(100)$ ,  $m(110)$ ,  $f(201)$ ,  $z(111)$

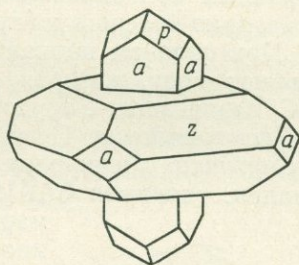


Рис. 188. Сросток ксенотима с цирконом:  $a(100)$ ,  $z(111)$ ,  $p(111)$

Цвет светло-, красновато- и желтовато-бурый, до мясо-красного. Блеск жирный. Непрозрачен. Тв. 4,5. Уд. в. 4,5. Сп. по (110) совершенная. Минерал редкий.

П. п. тр. не плавится. С порошком магнезия при нагревании в закрытой трубке дает реакцию на фосфор.

От циркона отличается меньшей твердостью и наличием спайности.

*Происхождение.* Пегматитовый. Встречается в пегматитах гранитного типа; во вторичном залегании — в россыпях.

*Спутники.* Циркон  $Zr[SiO_4]$ , рутил  $TiO_2$ , поликраз, ортит  $(Ca, Ce)_2(Al, Fe)_3O(OH)[SiO_4][Si_2O_7]$ .

**349. Монацит**  $(Ce, La)PO_4$ . Содержит Th, Si.

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Кристаллы в форме табличек, одиночные, вросшие в полевой шпат (рис. 189).

Цвет красновато-бурый. Тв. 5—5,5. Уд. в. 5—5,2. Сп. совершенная по (001). Минерал редкий.

П. п. тр. не плавится. С порошком магнезия дает реакцию на фосфор. В HCl растворяется с трудом, выделяя белый осадок.

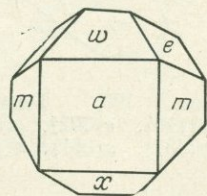


Рис. 189. Монацит:  $a(100)$ ,  $m(110)$ ,  $w(101)$ ,  $e(011)$ ,  $x(101)$

*Происхождение.* Магматический — в изверженных горных породах гранитного и щелочного типа, и пегматитовый — в нефелиновых, полевошпатовых и кварцево-полевошпатовых жилах.

*Спутники.* Циркон  $Zr[SiO_4]$ , апатит  $Ca_5(F, Cl)[PO_4]_3$ .

*Месторождения.* За границей: Бразилия; Индия — в россыпях морского происхождения.

*Значение.* Руда церия и тория. Промышленное значение имеют россыпи.

## Сложные соединения

### ГРУППА АМБЛИГОНИТА—ТРИПЛИТА

**350. Амблигонит**  $LiAl(F, OH)[PO_4]$  ( $Li_2O$  10,1;  $Al_2O_3$  34,4;  $P_2O_5$  47,9; F 12,9). Литий частично замещается натрием.

Трикл. с.; вид симм. С. Кристаллы редки; обычно встречается в крупнокристаллических агрегатах.

Цвет белый, сероватый, зеленоватый. Тв. 6. Уд. в. 3,01—3,09. Сп. совершенная в нескольких направлениях. На плоскостях наилучшей спайности по (001) наблюдается перламутровый блеск. Минерал редкий.

П. п. тр. легко плавится, вспучиваясь, и становится белым и непрозрачным при охлаждении; окрашивает пламя в желтовато-красный, иногда ярко-красный цвет. С порошком магнезия дает реакцию на фосфор. При сильном прокаливании в закрытой трубке кусочки минерала выделяют воду, которая дает кислую реакцию и разъедает стекло. В HCl разлагается с трудом.

*Происхождение.* Пегматитовый — в жилах гранитного типа.

*Спутники.* Лепидолит, кварц, альбит  $Na[AlSi_3O_8]$ , полихромный турмалин, сподумен  $LiAl[Si_2O_6]$ , петалит  $(Li, Na)[AlSi_4O_{10}]$ , фосфаты марганца и железа (литофилит, трифилин), иногда касситерит.

*Месторождения.* За границей: крупнейшие — Эстремадура в Испании и Южная Дакота в США.

*Значение.* Руда лития.

**351. Гердерит**  $BeCa(OH, F)(PO_4)$  ( $BeO$  15,4;  $Al_2O_3$  34,6;  $P_2O_5$  43,8; F 5,9;  $H_2O$  2,8).

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Кристаллы большей частью хорошо образованы с обоих концов и представляют собой сложные комбинации форм (рис. 190).

Цвет желтоватый; чаще бесцветен. Сп. несовершенная по (110). Тв. 5. Уд. в. 2,99—3,01. Минерал очень редкий.

Рис. 190. Гердерит:  
m(110), e(302), u(011),  
v(031), s(061), n(111)

П. п. тр. светится оранжево-желтым светом. Плавится с трудом, при этом становится белым и непрозрачным. В закрытой трубке при прокаливании выделяет воду, которая разъедает стекло. В кислотах не разлагается.

*Происхождение.* В пегматитовых жилах с альбитом, мусковитом, турмалином, кварцем, топазом, бериллом и касситеритом.

*Месторождения.* Очень редкий. За границей: штат Мэн (США).

**352. Вагнерит**  $Mg_2F[PO_4]$  ( $MgO$  49,34;  $P_2O_5$  43,81; F 11,79). Магний частично замещается кальцием.

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Встречается в виде хорошо образованных кристаллов и в сплошных массах (кьерульфин).

Цвет винно-желтый, иногда белый. Сп. несовершенная. Тв. 5—5,5. Уд. в. 3,07—3,14.

П. п. тр. плавится с трудом. Трудно разлагается в кислотах. При нагревании с  $H_2SO_4$  выделяет  $HF$ .

Минерал редкий. Встречается в кварцевых жилах иногда с апатитом, в который часто переходит.

**353. Триплит**  $(Mn, Fe)_2F[PO_4]$ . Содержит также  $Ca$  и  $Mg$ .

Мон. с. Встречается в крупнозернистых агрегатах. Цвет розовый до темно-бурого в зависимости от состава. Блеск жирный. Сп. средняя по (100). Тв. 4—5,5. Уд. в. 3,44—3,8.

П. п. тр. легко плавится в черный магнитный (в случае значительного содержания железа) шарик; смоченный  $H_2SO_4$ , окрашивает пламя в голубовато-зеленый цвет. С бурой в окислительном пламени дает фиолетовый перл марганца, а в восстановительном — зеленоватый перл железа. С порошком магния при нагревании в закрытой трубке дает реакцию на фосфор. В кислотах разлагается. В  $H_2SO_4$  выделяет  $HF$  (проба на разъедание стекла). Минерал редкий.

*Происхождение.* Встречается в пегматитовых жилах гранитного типа.

*Спутники.* Кварц, альбит  $Na[AlSi_3O_8]$ , лепидолит, полихромный турмалин, берилл  $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$ , апатит  $Ca_5(F, Cl)[PO_4]_3$ , флюорит  $CaF_2$ , колумбит  $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$ , иногда касситерит  $SnO_2$  и вольфрамит  $(Fe, Mn)[WO_4]$ .

*Месторождения.* В СССР: Джидинское в Бурятской АССР — в кварцевых жилах с гюбнеритом и в виде самостоятельных тонких прожилков. Туркестанский хребет в Киргизской ССР.

#### ГРУППА АПАТИТА

**354. Апатит**  $Ca_5(F, Cl)[PO_4]_3$ . Различаются F- и Cl-апатиты.

Гекс. с., вид симм.  $L^6PC$ . Кристаллы в виде гексагональных призм (рис. 191), обычно вкрапленники, иногда очень крупные, также зернистые, сахаровидные и кристаллические выделения в породе.

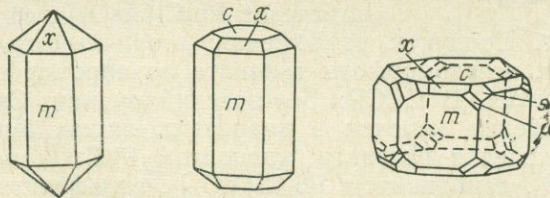


Рис. 191. Апатит:  $c(0001)$ ,  $m(10\bar{1}0)$ ,  $x(10\bar{1}1)$ ,  $s(11\bar{2}1)$ ,  $\mu(31\bar{2}1)$

Цвет голубой, зеленый, фиолетовый буровато-красный, иногда бесцветен. Блеск стеклянный. Сп. несовершенная. Тв. 5. Уд. в. 3,2. Хрупок. П. п. тр. плавится с трудом даже в тонких осколках. В  $HCl$  и  $HNO_3$  растворяется. С порошком магния дает реакцию на фосфор.

*Разновидности.* Фосфориты — полиминеральная смесь, состоит из  $Ca_5(Cl, F)[PO_4]_3$  с различными примесями:  $CaCO_3$ ,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  и др. Встречается в виде конкреций, псевдоморфоз по ископаемым, земли-

стых и натечных масс среди осадочных отложений. Биогенный — в результате разрушения органических остатков. Иногда представляет собой продукт растворения и переотложения вещества апатитов, образует натечные корочки и прожилки в породах, содержащих апатит.

*Происхождение.* Магматический — в изверженных горных породах, особенно сиенитах, часто в связи с железными рудами. Пневматолитический и гидротермальный, в контактах и жилах.

*Спутники апатита.* Полевой шпат, магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ , кальцит  $\text{CaCO}_3$  скаполит, слюда (флогопит), диопсид  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , хлорит, сфен  $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$ , нефелин, эгирин.

*Месторождения.* В СССР: Хибинское, Кольский полуостров — апатит в нефелиновых сиенитах; р. Слюдянка, Байкал — апатит в диопсидовых породах и жилах с кальцитом, флогопитом, диопсидом и скаполитом. Фосфориты известны в СССР в Московской, Кировской и Куйбышевской областях (РСФСР), Хмельницкой области (УССР) и др. За границей: Алжир и Марокко.

*Значение.* Апатит и фосфориты являются основным материалом для получения фосфорных удобрений.

### 355. Пироморфит $\text{Pb}_5\text{Cl}[\text{PO}_4]_3$ (PbO 82,2; $\text{P}_2\text{O}_5$ 15,7; Cl 2,6).

Гекс. с.; вид симм.  $L^6PC$ . Кристаллы в виде гексагональных призм (рис. 192); сростаясь, часто образуют кристаллические корочки.

Цвет зеленый, бурый. Блеск жирный. Сп. нет. Тв. 3,5—4. Уд. в. 6,5—7,1.

П. п. тр. легко плавится в шарик, который по охлаждению принимает форму многогранного зерна. При прокаливании с содой на угле разлагается с образованием королька свинца. Растворяется в  $\text{HNO}_3$ .

*Происхождение.* Поверхностный — в зоне окисления свинцовых месторождений. Известны псевдоморфозы пироморфита по свинцовому блеску и церусситу.

*Спутники.* Галенит  $\text{PbS}$ , церуссит  $\text{PbCO}_3$ , англезит, фосгенит  $\text{Pb}_2\text{Cl}_2[\text{CO}_3]$ , вульфенит  $\text{PbMoO}_4$ , ванадинит  $\text{Pb}_5\text{Cl}[\text{VO}_4]_3$ , миметезит  $\text{Pb}_5\text{Cl}[\text{AsO}_4]_3$ , сфалерит  $\text{ZnS}$ , ка-

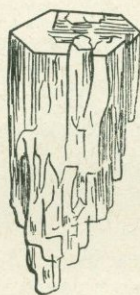
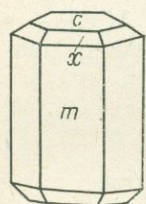


Рис. 192. Пироморфит:  $c(0001)$ ,  $m(10\bar{1}0)$ ,  $x(10\bar{1}1)$

ламин, крокоит. Продукты разложения: вторичный галенит — голубая свинцовая руда, псевдоморфозы галенита по пироморфиту.

*Месторождения.* В СССР: Березовский рудник, Свердловской области — ярко-зеленые корочки в кварцевых жилах вместе с другими продуктами окисления галенита: крокоитом  $\text{PbCrO}_4$ , вокеленитом, церусситом  $\text{PbCO}_3$ , ванадинитом  $\text{Pb}_5\text{Cl}[\text{VO}_4]_3$ , вульфенитом  $\text{PbMoO}_4$ .

### 356. Миметезит $\text{Pb}_5\text{Cl}[\text{AsO}_4]_3$ (PbO 74,9; $\text{As}_2\text{O}_5$ 23,2; Cl 2,4).

Гекс. с.; вид симм.  $L^6PC$ . Кристаллы напоминают пироморфит, часто образуют корочки или характеризуются закругленной и почковидной формой.

Цвет от светло-желтого до бурого и оранжево-желтого, иногда белый. Блеск жирный. Тв. 3,5. Уд. в. 7—7,25.

П. п. тр. легко сплавляется. В восстановительном пламени издает запах мышьяка и на угле образуется шарик свинца. Растворяется в  $\text{HNO}_3$ . Минерал более редкий, чем пироморфит.

*Разновидности.* Кампилит — содержит фосфор: цвет темный, оранжево-красный; кристаллы боченковидной формы.

*Происхождение.* См. пироморфит.

**357. Ванадинит**  $Pb_5Cl[VO_4]$  (PbO 78,7;  $V_2O_5$  19,4; Cl 2,5).

Кристаллы гексагонально-призматического вида, иногда остропирамидальные до игольчатых и волосовидных; нередко пустотелые (рис. 193); сплошные землистые и волокнистого сложения массы.

Цвет от соломенно-желтого до темно-бурого; красный и оранжевый. Блеск жирный. Сп. нет. Тв. 3. Уд. в. 6,66—7,23. Минерал редкий.

П. п. тр. растрескивается и плавится в шарик. На угле в восстановительном конусе дает королек свинца. Легко разлагается в HCl. Получающийся раствор окрашивается от капли перекиси водорода в красный цвет.

*Разновидности.* Эндлихит содержит до 13,5%  $As_2O_5$ .

*Происхождение.* См. пироморфит.

*Значение.* Ценная ванадиевая руда.

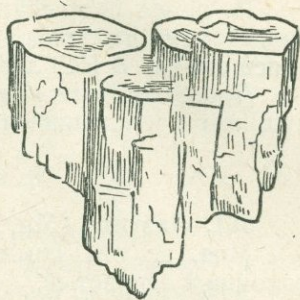


Рис. 193. Ванадинит

#### ГРУППА ЛИБЕТЕНИТА

**358. Либетенит**  $Cu_2(OH)[PO_4]$  (CuO 66,4;  $P_2O_5$  29,8;  $H_2O$  3,8).

Ромб. с., вид симм.  $3L^3PC$ . Встречается в виде мелких кристаллов и кристаллических корочек.

Цвет от луково- и оливково-зеленого до черно-зеленого. Блеск жирный. Сп. нет. Тв. 4. Уд. в. 3,6—3,8.

П. п. тр. сильно растрескивается. При медленном накаливании легко плавится в королек. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду и становится черным. Разлагается в HCl.

Минерал сравнительно редкий.

*Происхождение.* Образуется как вторичный продукт в зоне окисления месторождений меди.

*Спутники.* Халькопирит  $CuFeS_2$ , малахит  $Cu_2(OH)_2[CO_3]$ , лимонит  $HFeO_2 \cdot nH_2O$ .

*Месторождения.* Известен в Меднорудянском руднике близ Нижнего Тагила на Урале.

**359. Оливенит**  $Cu_2(OH)[AsO_4]$  (CuO 56,1;  $As_2O_5$  40,7;  $H_2O$  3,2). Иногда содержит  $P_2O_5$  до 6%.

Ромб. с., вид симм.  $3L^3PC$ . Кристаллы в виде тонких иголочек и столбиков, часто образуют друзы и почковидные агрегаты жилковатого сложения.

Цвет фисташково-зеленый до черновато-зеленого; иногда желтый и бурый. Сп. нет. Тв. 3. Уд. в. 4,2—4,6.

П. п. тр. легко плавится; при охлаждении затвердевает в королек лучистого сложения с алмазным блеском. В закрытой трубке при прокаливании выделяет воду, а на угле дает белый налет  $As_2O_3$ . В кислотах растворяется.

*Происхождение.* Гипергенный, образуется в зоне окисления рудных месторождений, содержащих мышьяк и медь.

*Месторождения.* Меднорудянский рудник на Урале. За границей: Редрут в Корнваллисе, в Англии.

**360. Адамин**  $Zn_2(OH)[AsO_4]$ . Иногда содержит медь и кобальт.

Ромб. с., вид симм.  $3L^23PC$ . Встречается в виде мелких кристаллов и сплошных зернистых агрегатов.

Цвет медово-желтый, фиолетово-синий, розовый и зеленый в зависимости от примесей. Спайность по (101) совершенная. Тв. 3. Уд. в. 4,33—4,35.

П. п. тр. растрескивается. В закрытой трубке при нагревании выделяет немного воды. С порошком угля и содой на угле дает налет окиси цинка. В HCl легко растворяется.

*Происхождение.* Гипергенный, встречается в зоне окисления рудных месторождений вместе с лимонитом, смитсонитом, малахитом.

#### ГРУППА ЛАЗУЛИТА

**361. Лазулит**  $(Mg, Fe)Al_2(OH)_2[PO_4]_2$ . Содержит до 3% CaO.

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Кристаллы остропирамидальные; чаще сплошной зернистый.

Цвет индигово-синий до небесно-синего. Черта белая. Сп. несовершенная. Тв. 5—6. Уд. в. 3,1.

П. п. тр. и на угле вспучивается и пузырится, но не плавится, а распадается в порошок и белеет; с  $Co(NO_3)_2$  вновь окрашивается в синий цвет. В кислотах нерастворим и сохраняет окраску. Минерал редкий.

*Происхождение.* Встречается в кварцевых и пегматитовых жилах, иногда в россыпях.

*Спутники.* Кианит  $Al_2O_3[SiO_4]$ , пирофиллит  $Al_2(OH)_2[Si_4O_{10}]$ .

*Месторождения.* В СССР редок, известен в некоторых месторождениях Казахстана. За границей: Швеция, Верmland; США, штат Северная Каролина, Синклер Коунти — с кианитом и штат Джорджия, гора Гревс — в кварцитах с кианитом, рутилом, пирофиллитом; Бразилия, Диамантина — в алмазоносных россыпях.

#### ВОДНЫЕ ФОСФАТЫ И ИХ АНАЛОГИ

##### Простые соединения

##### группа урановых слюдок

Общая формула  $Me(UO_2)_2[RO_4]_2 \cdot nH_2O$ ;  $Me = K_2, Cu, Ca$ , иногда Ba;  $R = P, As, V$ . Урановые слюдки относятся к тетрагональной и ромбической сингониям. Кристаллы тонкочешуйчатые, с весьма совершенной спайностью. Часто это тонкие налеты. Иногда вещество урановых слюдок пронизывает породу, окрашивая ее в характерный цвет. Цвет урановых слюдок от чистого желтого до желтовато-зеленого и изумрудно-зеленого. Сильно радиоактивны. Происхождение поверхностное.

Значение урановых слюдок — руды урана и ванадия.

**362. Торбернит** (медная урановая слюдка)  $Cu(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$  (CuO 8,4;  $UO_3$  61,2;  $P_2O_5$  15,1;  $H_2O$  15,3).

Тетр. с.; вид симм.  $L^4L^25PC$ . Кристаллы в виде тонких листочков квадратной формы.

Цвет изумрудно-зеленый. Блеск перламутровый. Сп. весьма совершенная по (001). Тв. 2—2,5. Уд. в. 3,4—3,6. Сильно радиоактивен.

П. п. тр. плавится. С фосфорной солью дает зеленый перл, который на угле при прокаливании с кусочками олова становится красным и

непрозрачным. В закрытой трубке при нагревании выделяет много воды. Растворяется в  $\text{HNO}_3$ .

*Происхождение.* Продукт выветривания минералов, содержащих уран.

*Спутники.* Уранинит  $\text{UO}_2$  и другие урансодержащие минералы.

**363. Отунит** (отэнит, известковая урановая слюдка)  
 $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (CaO 6,1;  $\text{UO}_3$  62,7;  $\text{P}_2\text{O}_5$  15,5;  $\text{H}_2\text{O}$  15,7).

Тетр. с. Кристаллы тонкочешуйчатые; иногда образует порошковатые налеты.

Цвет канареечно-желтый. Блеск перламутровый. Сп. весьма совершенная. Тв. 2—2,5. Уд. в. 3,05—3,19. Радиоактивен.

*Происхождение и спутники.* См. торбернит.

**364. Цейнерит**  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (CuO 7,7;  $\text{UO}_3$  56,0;  $\text{As}_2\text{O}_5$  22,3;  $\text{H}_2\text{O}$  14,0).

Тетр. с. Кристаллы в виде тонких листочков и чешуек.

Цвет гравяно-зеленый до яблочно-зеленого. Блеск перламутровый. Сп. весьма совершенная. Тв. 2,5. Уд. в. 3,53. Сильно радиоактивен. При прокаливании на угле дает белый налет  $\text{As}_2\text{O}_3$ . Растворяется в  $\text{HNO}_3$ .

*Происхождение и спутники.* См. торбернит.

**365. Карнотит**  $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2[\text{VO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{K}_2\text{O}$  10,44;  $\text{UO}_3$  63,41;  $\text{V}_2\text{O}_5$  20,16;  $\text{H}_2\text{O}$  5,99).

Ромб. с. Налеты и тонкопорошковатое вещество, пронизывающее породу.

Цвет канареечно-желтый. Тв. 2—2,5. Уд. в. 4,5. Сильно радиоактивен.

П. п. тр. плавится. В кислотах легко растворяется с образованием зеленого раствора; перекись водорода окрашивает раствор в красный цвет.

*Происхождение.* Поверхностный.

*Спутники.* Различные ванадаты: хьюэттит  $\text{CaO} \cdot 3\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , торбернит  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  и др.

*Месторождения.* За границей: штаты Юта и Колорадо в США.

*Значение.* Источник урана, ванадия и калия.

**366. Тюямунит**  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{VO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (CaO 5,87;  $\text{UO}_3$  59,96;  $\text{V}_2\text{O}_5$  19,06;  $\text{H}_2\text{O}$  15,11).

Ромб. с. Кристаллы тонкопластинчатые; также порошковатый в виде налетов; иногда пронизывает породу, окрашивая ее в зеленовато-желтый цвет.

Цвет чистого минерала канареечно-желтый. Сп. весьма совершенная. Тв. 1. Уд. в. 3,68. Сильно радиоактивен.

Легко растворяется в кислотах. Раствор от перекиси водорода окрашивается в красный цвет.

*Происхождение.* Поверхностный.

*Спутники.* Различные ванадаты. Известно нахождение в карстовых полостях в известняке с баритом, кальцитом, туранитом.

*Значение.* Руда урана, ванадия и радия.

#### ГРУППА ВИВИАНИТА

**367. Вивианит**  $\text{Fe}^3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (FeO 43,0;  $\text{P}_2\text{O}_5$  28,3;  $\text{H}_2\text{O}$  28,7).

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Кристаллы призматические и листоватые, часто образуют звездчатые радиальнолучистые агрегаты. Иногда землистый.

Цвет синий. Сп. весьма совершенная в одном направлении, по (010). На плоскостях спайности блеск перламутровый. Тв. 2. Уд. в. 2,6.

П. п. тр. легко плавится в черный магнитный шарик и окрашивает пламя в голубовато-зеленый цвет. Растворяется в HCl.

*Происхождение.* Поверхностный — в торфяниках и железных рудах озерного или морского происхождения. Кроме того, в рудных жилах с пирротинном и пиритом, где он также, по-видимому, вторичного происхождения.

*Месторождения.* В СССР: торфяники Московской и других областей; Керченское железорудное месторождение.

*Значение.* Дешевая синяя краска.

**368. Эритрин** (кобальтовые цветы).  $\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (CoO 37,5;  $\text{As}_2\text{O}_5$  38,4;  $\text{H}_2\text{O}$  24,1).

Мон. с. Тонкопорошковатые налеты, волокнистые и радиально-лучистые скопления.

Цвет розовый. Сп. весьма совершенная. На плоскостях спайности сильный перламутровый блеск.

П. п. тр. легко плавится. При прокаливании на угле издает чесночный запах и образует белый налет  $\text{As}_2\text{O}_3$ ; остаток после прокаливании окрашивает перл буры в синий цвет. Растворяется в кислотах.

*Происхождение.* Продукт выветривания мышьяковистых кобальтовых соединений.

*Спутники.* Кобальтин  $\text{CoAsS}$ , шмальтин  $\text{CoAs}_{3-2}$ , хлоантит  $\text{NiAs}_{3-2}$ , никелин  $\text{NiAs}$ , магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ , серебряные руды.

**369. Аннабергит** (никелевые цветы)  $\text{Ni}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (Ni 37,4;  $\text{As}_2\text{O}_5$  38,5;  $\text{H}_2\text{O}$  24,1).

Мон. с. Тонкие налеты и нежные волокнистые кристаллы.

Цвет яблочно-зеленый до изумрудно-зеленого. В отношении других признаков сходен с эритрином, но с бурой после прокаливания дает перл красновато-фиолетового цвета.

*Происхождение.* Образуется в зоне выветривания при окислении мышьяковистых никелевых соединений — хлоантита, никелина, герсдорфита.

*Спутники.* Кроме никелевых мышьяковистых соединений, нередко спутниками являются кобальтовые минералы.

#### ГРУППА СКОРОДИТА

**370. Скородит**  $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  34,6;  $\text{As}_2\text{O}_3$  49,8;  $\text{H}_2\text{O}$  15,6).

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы мелкие. Обычно встречается в виде землистых масс или же в тонкорассеянном виде пронизывает породу.

Цвет белый и зеленоватый, иногда бурый. Сп. несовершенная. Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,1—3,3.

При прокаливании на угле издает чесночный запах и образует налет  $\text{As}_2\text{O}_3$ . При нагревании в закрытой трубке выделяет воду. Растворяется в HCl.

*Происхождение.* Поверхностный, образуется в зоне окисления рудных месторождений за счет арсенопирита.

*Спутники.* Арсенопирит  $\text{FeAsS}$ , питтицит (водный сульфат-арсенат железа неопределенного состава).

*Месторождения.* В СССР: Бричмулла в Казахской ССР; Масриф в Зеравшанском хребте Таджикской ССР и многие другие.

## Сложные соединения

**371. Бирюза**  $\text{CuAl}_6(\text{OH})_3[\text{PO}_4]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (CuO 9,8;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  34,6;  $\text{P}_2\text{O}_5$  34,9;  $\text{H}_2\text{O}$  17,7).

Трикл. с. Кристаллы редки. Обычно плотные скрытокристаллические образования с раковистым изломом.

Цвет голубой, голубовато-зеленый до серовато-зеленого. Блеск слабый. Тв. 5—6. Уд. в. 2,6—2,83.

П. п. тр. становится стекловатым, но не плавится. Окрашивает пламя в зеленоватый цвет, при смачивании HCl — в синий. В закрытой трубке при нагревании растрескивается, выделяет воду и становится бурым. Растворяется в HCl.

*Происхождение.* Встречается в тонких кварцевых прожилках и в виде самостоятельных жилок среди глинистых сланцев, иногда в измененных вулканических породах (трахитах).

*Спутники.* Кварц, лимонит, фосфориты и другие фосфаты.

*Месторождения.* В СССР: горы Кармазар близ Ленинабада, Таджикская ССР — кварцевые прожилки в порфирах; горы Северного Каратау — в кремнистых сланцах. За границей: Нишапурское в Иране (Хорасан) — прожилки в брекчии порфиroidного трахита.

*Значение.* Драгоценный камень.

**372. Вавеллит**  $\text{Al}_3(\text{OH})_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  37,1;  $\text{P}_2\text{O}_5$  34,5;  $\text{H}_2\text{O}$  28,4). Иногда присутствует фтор.

Ромб. с. Кристаллы редки, обычно шаровидные радиальнолучистые агрегаты с друзовидной поверхностью.

Цвет белый, желтоватый и зеленоватый, иногда голубой.

Блеск стеклянный. Тв. 3—4. Уд. в. 2,31—2,33.

П. п. тр. вспучивается. Смоченный раствором азотнокислого кобальта после прокалывания становится синим. При нагревании в закрытой трубке выделяет много воды. Растворяется в HCl.

*Происхождение.* Вторичный минерал. Встречается в песчаниках, в глинистых и кремнистых сланцах, иногда в жилах, содержащих первичные фосфаты.

*Спутники.* Лимонит  $\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , фосфориты и другие фосфаты.

*Месторождения.* В СССР: Шишимские горы на Южном Урале. За границей: Вилла Рика в Бразилии и Магнит Коув в Арканзасе, США.

## СУЛЬФАТЫ, ХРОМАТЫ, МОЛИБДАТЫ, ВОЛЬФРАМАТЫ

### СУЛЬФАТЫ

Сульфаты — соли серной кислоты. В природе к ним относится около 260 минералов, но по массе они составляют всего около 0,1% веса земной коры. Отличаются разнообразием состава; преимущественно соли Na, K, Mg, Ca, Al и Fe. В зоне железной шляпы образуются сульфаты тяжелых металлов Cu, Pb, Zn и др. Среди сульфатов много основных солей и многоводных соединений.

Минералы этой группы в большинстве гипергенного происхождения: химические озерные и морские осадки, продукты окисления сульфидов и серы.

Благодаря легкой растворимости, многие сульфаты легко перекристаллизовываются. Многоводные сульфаты легко изменяются на воздухе с потерей воды; напротив, безводные и маловодные в условиях избытка воды или влаги воздуха часто обогащаются водой.

Встречаются в виде налетов, выцветов, корочек. В качестве химических осадков иногда образуют мощные пласты. Реагируя с растворами, приводят к образованию различных новых минералов.

Ниже дается классификация сульфатов.

## БЕЗВОДНЫЕ СУЛЬФАТЫ

### Простые безводные сульфаты

#### *Группа тенардита*

Тенардит  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

#### *Группа глауберита — ангидрита*

Глауберит  $\text{Na}_2\text{Ca}[\text{SO}_4]_2$

Ангидрит  $\text{CaSO}_4$

#### *Группа барита*

Целестин  $\text{SrSO}_4$

Барит  $\text{BaSO}_4$

Англезит  $\text{PbSO}_4$

### Сложные безводные сульфаты

#### *Группа алунига — ярозита*

Алунит  $\text{KAl}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$

Ярозит  $\text{KFe}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$

#### *Группа брошантита — линарита*

Брошантит  $\text{Cu}_4(\text{OH})_6[\text{SO}_4]$

Антлерит  $\text{Cu}_3(\text{OH})_4[\text{SO}_4]$

Линарит  $\text{CuPb}(\text{OH})_2[\text{SO}_4]$

## ВОДНЫЕ СУЛЬФАТЫ

### Простые водные сульфаты

#### *Группа мирабилита — астраханита*

Мирабилит  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Астраханит  $\text{Na}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

#### *Группа кизерита — полигалита — гипса*

Кизерит  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Полигалит  $\text{Ca}_2\text{MgK}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

#### *Группа купоросов*

Ромбические купоросы

Эпсомит  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Госларит  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Моренозит  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Моноклинные купоросы

Бутит  $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Мелантерит  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Биберит  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Триклинные купоросы

Халькантит (медный купорос)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

*Группа квасцов*

Кубические квасцы

Чермигит  $(\text{NH}_4)\text{Al}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Мендоцит  $\text{NaAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Калинит  $\text{KAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Моноклинные квасцы

Пиккерингит  $\text{MgAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$

Галотрихит  $\text{Fe} \cdot \text{Al}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$

*Группа алуногена — кокимбита*

Алуноген  $\text{Al}_2[\text{SO}_4]_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$

Кокимбит  $\text{Fe}_2 \cdot [\text{SO}_4]_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

*Сложные водные сульфаты*

*Группа цианотрихита — копиапита — алюминита*

Цианотрихит  $\text{Cu}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Копиапит  $\text{MgFe}_4 \cdot (\text{OH})_2[\text{SO}_4]_6 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

Алуминит  $\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{SO}_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

*Сульфатогалоидные соединения*

Каинит  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

*Урановые сульфаты*

Иоганнит  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2[\text{SO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Циппеит  $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2[\text{SO}_4] \cdot 3-5\text{H}_2\text{O}$

Уранопилит  $(\text{UO}_2)_6(\text{OH})_{10}[\text{SO}_4] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

**БЕЗВОДНЫЕ СУЛЬФАТЫ**

**Простые безводные сульфаты**

**ГРУППА ТЕНАРДИТА**

**373. Тенардит**  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ( $\text{Na}_2\text{O}$  56,3;  $\text{SO}_3$  43,7).

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Выцветы и кристаллические корочки.

Белый или бесцветный. Сп. несовершенная. Тв. 2—3. Уд. в. 2,7.

П. п. тр. легко плавится. Оставаясь на воздухе, поглощает воду и рассыпается в белый мучнистый порошок.

Растворяется в воде. Вкус солснотавый.

*Происхождение.* Химический осадок озер; выцветы почв. Из чистых водных растворов выпадает при температуре  $>32,5^\circ$ , при более низких температурах вместо тенардита выпадает мирабилит  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Из сложных растворов, содержащих  $\text{NaCl}$  и другие вещества, кристаллизация тенардита происходит при температурах значительно более низких, вплоть до  $13,5^\circ$ .

*Спутники.* Сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , селитра  $\text{KNO}_3$ , различные бораты; вторичный продукт — мирабилит.

*Месторождения.* В СССР: Кара-Богаз-Гол, Туркменская ССР — тенардит образуется при выветривании мирабилита; Большое Мормышанское и другие озера Барабинской и Кулундинской степей в Западной Сибири; район Шемахи в Азербайджане — отложения озер, образовался по мирабилиту. За границей: селитряные месторождения Чили, борные и содовые озера Калифорнии и Невады.

*Значение.* Основной материал в содовом производстве.

#### ГРУППА ГЛАУБЕРИТА—АНГИДРИТА

#### 374. Глауберит $\text{Na}_2\text{Ca}[\text{SO}_4]_2$ ( $\text{Na}_2\text{O}$ 22,3; $\text{CaO}$ 20,1; $\text{SO}_3$ 57,6).

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Кристаллы таблитчатые, иногда очень крупные; также сплошные тонкоскорлуповатые массы.

Бесцветен, желтоватый или серый. Сп. совершенная по (001). Тв. 2,5—3. Уд. в. 2,7—2,8. Вкус горько-соленый. На влажном воздухе покрывается мелкими кристаллами гипса.

П. п. тр. сильно растрескивается и легко сплавляется в белую эмаль. В окислительном пламени на угле дает прозрачный шарик. В воде мутнеет и частично растворяется, оставляя сульфат кальция. В  $\text{HCl}$  растворяется полностью.

*Происхождение.* Химический осадок озер. Встречается в месторождениях галита, буры и селитры.

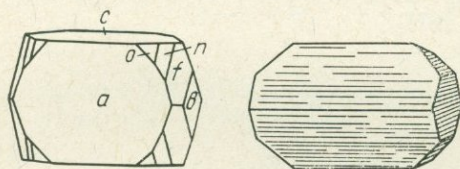


Рис. 194. Ангидрит:  $a(100)$ ,  $b(010)$ ,  $c(001)$ ,  $o(111)$ ,  $n(121)$ ,  $f(131)$

*Спутники.* Галит  $\text{NaCl}$ , сассолин  $\text{B}(\text{OH})_3$ , бура  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$ , селитра  $\text{NaNO}_3$ .

*Месторождения.* За границей: Калифорния, США — в отложениях борных озер с бурой и сассолином (кристаллы размером до 40 см); Вильярубия, Испа-

ния — замечательные кристаллы в соляных месторождениях.

#### 375. Ангидрит $\text{CaSO}_4$ ( $\text{CaO}$ 41,2; $\text{SO}_3$ 58,8).

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы таблитчатые и призматические, часто с грубой штриховкой на гранях (рис. 194); обычно сплошные мелкозернистые мраморовидные массы.

Цвет серый или голубоватый, реже фиолетовый. Сп. совершенная по трем взаимно перпендикулярным направлениям. На плоскостях наилучшей спайности (001) наблюдается перламутровый блеск. Тв. 3—3,5. Уд. в. 2,90—2,98.

П. п. тр. плавится в белую эмаль. При нагревании в трубке спайного осколка наблюдается иризация на плоскостях спайности (001). В восстановительном пламени на угле дает  $\text{CaS}$ , который в капле воды на серебряной монете вызывает появление черного пятна  $\text{Ag}_2\text{S}$ .

*Происхождение.* Химический морской осадок. Из чистых водных растворов сульфата кальция выделяется при температуре  $>63^\circ$ ; при более низких температурах выпадает гипс. Из растворов, насыщенных  $\text{NaCl}$  и другими солями, выделение ангидрита происходит при значительно более низких температурах (11—36°). Соприкасаясь с водой, медленно поглощает воду и переходит в гипс с большим увеличением

объема (свыше 30%). Вулканический — образуется как возгон или как осадок горячих растворов.

*Спутники.* Гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , галит, кизерит  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , иногда борацит  $\text{Mg}_3\text{OCl}[\text{B}_3\text{V}_4\text{O}_{12}]$ .

*Месторождения.* В СССР: Артемовское соляное в УССР; пермские отложения по рекам Сухоне и Северной Двине и другие места в европейской части СССР. За границей: Величка в Польше, Стассфурт и др. в ГДР.

*Значение.* Цементное сырье.

#### ГРУППА БАРИТА

#### 376. Целестин $\text{SrSO}_4$ (SrO 56,4; $\text{SO}_3$ 43,6).

Ромб. с., вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы призматические (рис. 195), часто конкреции; иногда обнаруживает жилковатое сложение; кроме того, встречается в виде сплошных мелкокристаллических масс.

Цвет голубоватый, белый, серый; иногда бесцветный. Блеск стеклянный, иногда перламутровый. Сп. совершенная по (001) и (110). Тв. 3—3,5. Уд. в. 3,97.

П. п. тр. растрескивается и сплавляется в молочно-белый шарик, окрашивая пламя в карминово-красный цвет. HCl действует слабо.

*Происхождение.* Гипергенный — встречается среди мергелей в связи с гипсами, часто в месторождениях серы.

*Спутники.* Кальцит  $\text{CaCO}_3$ , барит  $\text{BaSO}_4$ , гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , сера.

*Месторождения.* В СССР: Турфановское по р. Пинеге в Архангельской области — гнезда до 1 м; в поперечнике в красноцветных пермских породах; Ляканское, Киргизская ССР — в известняках мелового возраста. За границей: Джирженти, Сицилия.

*Значение.* Материал для получения стронциевых препаратов. Окись стронция применяется в сахарной промышленности для выделения сахара из мелассы в виде сахаратов стронция.

#### 377. Барит (тяжелый шпат) $\text{BaSO}_4$ (BaO 65,7; $\text{SO}_3$ 34,3).

Ромб. с., вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы таблитчатые и призматические (рис. 196), также сплошные зернистые массы, часто листового сложения.

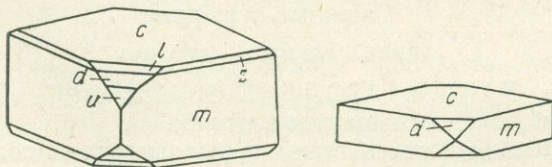


Рис. 196. Барит:  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  $u(101)$ ,  $d(102)$ ,  $l(104)$ ,  $z(111)$

Цвет белый, голубоватый, розовый, бурый, красный; иногда бесцветен. Блеск стеклянный, иногда перламутровый. Сп. совершенная по (001) и (110). Тв. 2,5—3. Уд. в. 4,3—4,6.

П. п. тр. растрескивается и закругляется в острых краях, окрашивая пламя в желтовато-зеленый цвет. В HCl не растворяется.

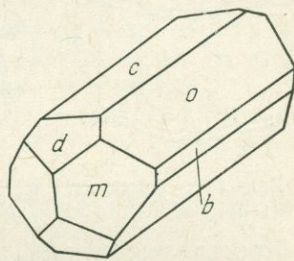


Рис. 195. Целестин:  $b(010)$ ,  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  $d(101)$ ,  $o(011)$

**Происхождение.** Гидротермальный — в рудных и чисто баритовых жилах; часто замещает боковые породы; гипергенный — в зоне железной шляпы и среди осадочных образований.

**Спутники.** В жилах: флюорит  $\text{CaF}_2$ , медные, свинцовые, цинковые и серебряные минералы; в осадочных породах: гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , целестин  $\text{SrSO}_4$ , кальцит  $\text{CaCO}_3$ ; в минералинах излившихся пород: халцедон, агат, кварц, кальцит, цеолиты.

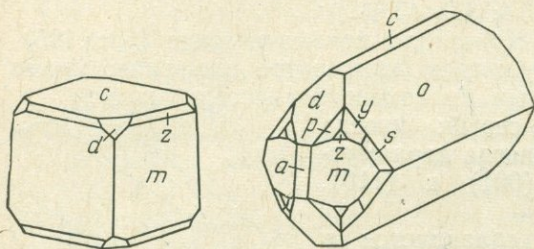
**Месторождения.** В СССР: на Кавказе, в Грузии и Азербайджане; Тюя-Муюнское в Средней Азии — в карстовых полостях известняков, с кальцитом и различными ванадатами; Медведевское в Чувашской степи на Урале. За границей: штат Джорджия в США.

**Значение.** Применяется в красочной промышленности (баритовые белила — литопон состава 70%  $\text{BaSO}_4$  и 30%  $\text{ZnS}$ ); наполнитель в резиновой и бумажной промышленности; сырье для производства бариевых солей и препаратов.

**378. Англезит  $\text{PbSO}_4$  ( $\text{PbO}$  73,6,  $\text{SO}_3$  26,4).**

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ .

Рис. 197. Англезит:  $a(100)$ ,  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  $d(102)$ ,  $o(011)$ ,  $z(111)$ ,  $p(324)$ ,  $y(122)$ ,  $s(132)$



Кристаллы мелкие, разнообразные по виду (рис. 197); кроме того, плотные зернистые массы, иногда слоистого сложения. Цвет белый, серый, часто водяно-прозрачный. Сп. несовершенная. Тв. 3. Уд. в. 6,12—6,39. Блеск алмазный.

П. п. тр. растрескивается. В окислительном пламени сплавляется в коралек молочно-белого цвета, в восстановительном — дает свинец.  $\text{HCl}$  действует слабо.

**Происхождение.** Гипергенный — встречается в зоне окисления свинцовых руд.

**Спутники.** Галенит  $\text{PbS}$ , церуссит  $\text{PbCO}_3$ , вульфенит  $\text{PbMoO}_4$ , пироморфит  $\text{Pb}_5\text{Cl}[\text{PO}_4]_3$  и др.

**Месторождения.** В СССР: Нерчинские рудники Забайкалья; рудник Кансай, Таджикская ССР.

**Значение.** Свинцовая руда.

## Сложные сульфаты

### ГРУППА АЛУНИТА — ЯРОЗИТА

**379. Алунит  $\text{KAl}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$  ( $\text{K}_2\text{O}$  11,2;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  37,0;  $\text{SO}_3$  38,6;  $\text{H}_2\text{O}$  13,0).** Калий часто замещается натрием.

Триг. с. Плотные каменистые и рыхлые глиноподобные массы, иногда тонкокристаллические конкреции в каолине и песчаных глинах.

Цвет белый, серый, желтоватый или красноватый. Тв. 3,5—4. Иногда повышается до 5,5, из-за примеси опала. Уд. в. 2,58—2,75. В порошке сухой на ощупь. Негигроскопичен.

В пл. п. тр. не плавится. Смоченный азотнокислым кобальтом после прокаливания становится синим. В  $\text{HCl}$  не растворяется. Нацело растворяется при нагревании в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . После прокаливания вода извлекает квасцы (проба на  $\text{SO}_4$  с  $\text{BaCl}_2$ ).

*Происхождение.* Продукт поствулканических процессов в лавах и туфах и в результате химических реакций в осадочных породах, в связи с окислением серного колчедана.

*Спутники.* Каолинит  $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ , гидраргиллит  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , галлуазит  $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

*Месторождения.* В СССР: Загликское, в Азербайджанской ССР — в вулканических породах как результат поствулканической деятельности; Журавлинское на Урале — в осадочных породах с каолинитом, галлуазитом, гидраргиллитом. За границей: Фаншан и Тайху в провинции Чжецзян, Китай — крупнейшие, в связи с эффузивами подобно Загликскому; Тольфа, Италия — алунит является продуктом окисления пирита в жилах среди трахита.

*Значение.* Материал для получения квасцов.

**380. Ярозит**  $\text{KFe}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$  ( $\text{K}_2\text{O}$  9,4;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  47,9;  $\text{SO}_3$  31,9;  $\text{H}_2\text{O}$  10,8).

Железистый аналог алунита. Калий замещается натрием (натророзит), иногда присутствует свинец (плюмбоязрозит). В небольшом количестве, до 0,2%, нередко обнаруживается селен.

Триг. с. Кристаллы мелкие; обычно рыхлые землистые массы (пачкают руки), корочки, шаровидные конкреции и порошковатые налеты.

Цвет охряно-желтый, иногда (в кристаллах) буро-желтый. Черта желтая, блестящая. Тв. 2,5—3,5. Уд. в. 3,15—3,26.

Растворяется в разбавленной  $\text{HCl}$ . Дает реакцию на Fe и  $\text{SO}_4$ . При нагревании в закрытой трубке выделяет много воды.

*Происхождение.* Образуется при выветривании сернистых соединений железа. В результате гидролиза переходит в красные гидроокислы железа.

*Спутники.* Лимонит  $\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , гидрогематит  $m\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

*Месторождения.* В СССР: Майкаин, Казахская ССР — зона железной шляпы золотого месторождения, крупные желваки ярозита весят до нескольких десятков килограммов.

*Значение.* Материал для получения крокуса (тонкого полировального порошка  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

#### ГРУППА БРОШАНТИТА—ЛИНАРИТА

**381. Брошантит**  $\text{Cu}_4(\text{OH})_6[\text{SO}_4]$  ( $\text{CuO}$  70,3;  $\text{SO}_3$  17,7;  $\text{H}_2\text{O}$  12,0).

Ромб. с. Кристаллы короткопризматические, вертикальные грани бороздчатые. Чаще встречаются в виде прожилков, почковидных образований и друзочек игольчатых кристаллов.

Цвет изумрудно-зеленый до темно-зеленого. Сп. совершенная. Блеск на плоскостях спайности перламутровый. Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,91.

При нагревании выделяет воду, а при высокой температуре — серную кислоту и становится черным. В воде нерастворим, но растворяется в кислотах и аммиаке. Минерал сравнительно редкий.

*Происхождение.* Гипергенный — образуется в связи с окислением халькопирита.

*Спутники.* Халькопирит  $\text{CuFeS}_2$ , малахит  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$ , азурит  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_2$ , куприт  $\text{Cu}_2\text{O}$ , самородная медь, атакамит  $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ .

*Месторождения.* В СССР: Гумешевский рудник на Урале; много-

численные медные месторождения Центрального Казахстана. За границей: Бисби в штате Аризона, США.

**382. Антлерит**  $\text{Cu}_3(\text{OH})_4[\text{SO}_4]$  (CuO 67,3;  $\text{SO}_3$  22,6;  $\text{H}_2\text{O}$  10,1).

Ромб. с. Порошковатые налеты и землистые скопления. Цвет яблочно-зеленый. Тв. 3. Уд. в. 3,9.

П. п. тр. ведет себя подобно брошантиту. В воде не растворяется. Минерал редкий.

*Происхождение.* Гипергенный — встречается в зоне окисления медных месторождений. Известен в ряде медных месторождений Центрального Казахстана.

**383. Линарит**  $\text{CuPb}(\text{OH})_2[\text{SO}_4]$  (CuO 19,8; PbO 55,7;  $\text{SO}_3$  20,0;  $\text{H}_2\text{O}$  4,5).

Мон. с.; вид симм. L<sup>2</sup>PC. Кристаллы хорошо образованы, богаты гранями. Цвет темно-синий. Сп. совершенная по (100). Тв. 2,5. Уд. в. 5,3—5,45.

В закрытой трубке при нагревании выделяет воду и изменяет цвет. П. п. тр. на угле спокойно сплавляется в шарик. При смачивании HCl изменяет окраску на серовато-белую.

*Происхождение.* Гипергенный — встречается в зоне окисления свинцово-медных месторождений. Подобно англезиту переходит в церуссит.

*Месторождения.* Минерал редкий. Березовский и Благодатный рудники на Урале, Кзыл-Эспе и др. в Казахстане.

## ВОДНЫЕ СУЛЬФАТЫ

### Простые водные сульфаты

#### ГРУППА МИРАБИЛИТА—АСТРАХАНИТА

**384. Мирабилит (глауберова соль)**  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Na}_2\text{O}$  19,3;  $\text{SO}_3$  24,8;  $\text{H}_2\text{O}$  55,9).

Мон. с. Выцветы, корочки, сплошные солеподобные массы. Бесцветный и белый. Сп. совершенная по (100). Тв. 1,5—2. Уд. в. 1,48. Вкус горько-соленый. На воздухе теряет воду и распадается в мучнистый порошок.

При нагревании в пробирке плавится в своей кристаллизационной воде. Легко растворим в воде и кислотах.

*Происхождение.* Химический озерный осадок и почвенные выцветы. Из чистых водных растворов сульфата натрия выпадает лишь при температуре  $< 32^\circ$ , при более высокой температуре выделяется тенардит. В присутствии NaCl и других солей температура выделения мирабилита  $< 18^\circ$  в зависимости от количества этих солей и соотношений между ними.

*Спутники.* Тенардит  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , как вторичный продукт по мирабилиту, гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , галит NaCl.

*Месторождения.* В СССР: Кара-Богаз-Гол, Туркменская ССР — крупнейшее, мирабилит осаждается при температуре  $< 6^\circ$ ; самосадочные озера Нижнего Поволжья, Барабинской и Кулундинской степей; Мухреванское месторождение в окрестностях Тбилиси — мощный пласт дс 5 м, химический озерный осадок.

*Значение.* Важное сырье для получения соды по способу Леблана.

**385. Астраханит (блédит)**  $\text{Na}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Na}_2\text{O}$  18,6; MgO 12,0;  $\text{SO}_3$  47,9;  $\text{H}_2\text{O}$  21,5).

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Кристаллы редки; встречается в сплошном виде в зернистых или плотных массах, иногда в шестоватых агрегатах, образующих целые пласты.

Бесцветен или окрашен в светло-серый, красноватый, желтоватый или голубовато-зеленый цвет; иногда черный от примеси ила. Сп. нет. Тв. 2,5—3,5. Уд. в. 2,22—2,28. Вкус слабый горько-соленый. Легко растворяется в воде. В чистом виде трудно выветривается, поэтому хорошо сохраняется на воздухе, легко теряет 1,5 частицы воды при нагревании до  $100^\circ$ .

*Происхождение.* Химический осадок горько-соленых озер, бедных калием, но богатых натрием и магнием.

*Спутники.* Галит  $NaCl$ , тенардит  $Na_2SO_4$ .

*Месторождения.* В СССР: горько-соленые озера Астраханской области по восточному берегу Волги.

#### ГРУППА КИЗЕРИТА—ПОЛИГАЛИТА—ГИПСА

##### 386. Кизерит $MgSO_4 \cdot H_2O$ (MgO 29,0; $SO_3$ 58,0; $H_2O$ 13,0).

Мон. с. Сплошные зернистые массы. Цвет белый или желтоватый; часто бесцветен. Сп. ясная. Тв. 3. Уд. в. 2,57. Во влажном воздухе поглощает воду, мутнеет, покрывается корочкой и переходит в эпсомит. Порошок кизерита, смоченный небольшим количеством воды, затвердевает, подобно обожженному гипсу.

П. п. тр. легко плавится. В воде медленно, но полностью растворяется. В нерастворившемся остатке под микроскопом иногда видны кристаллики ангидрида и стассфуртита (разновидность борацита).

*Происхождение.* Морской химический осадок. Выпадает из сложных водных растворов, подобных морской воде, при достаточном насыщении их солями магния при температуре  $>18^\circ$ . Менее богатые магнием растворы при температурах  $18—35,5^\circ$  дают эпсомит. В определенных условиях кизерит может образоваться за счет эпсомита.

*Спутники.* Гипс  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , ангидрит  $CaSO_4$ , галит  $NaCl$ , полигалит  $Ca_2MgK_2[SO_4]_4 \cdot 2H_2O$ , эпсомит  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  и другие минералы соляных месторождений.

*Месторождения.* В СССР: в небольшом количестве известен в озерах Крыма и Поволжья. За границей: Стассфурт в ГДР — крупнейшее по запасам кизерита; кизерит находится в верхних горизонтах соляных отложений в смеси с галитом, карналлитом, сильвинном, полигалитом, ангидритом; содержание кизерита до 30%, мощность горизонтов до 40 м.

*Значение.* Источник магниевых солей для химической промышленности и как руда на магний.

##### 387. Полигалит $Ca_2MgK_2[SO_4]_4 \cdot 2H_2O$ ( $K_2O$ 15,6; MgO 6,6; CaO 18,6; $SO_3$ 53,2; $H_2O$ 6,0).

Мон. с. Жилковатые и плотные массы. Цвет мясо-красный от примеси окислов железа. Сп. несовершенная. Тв. 2,5—3. Уд. в. 2,77.

П. п. тр. на угле сплавляется в красноватый шарик, который в восстановительном конусе становится белым и при охлаждении дает реакцию на серную печень. В воде разлагается, оставляя осадок сульфата кальция, растворяющийся в избытке воды.

*Происхождение.* Химический морской осадок. Выделяется из сложных солевых растворов при повышенной, по сравнению с натрием концентрации магния и калия. В Стассфуртском месторождении

полигалитовый ярус залегает на ангидритовом ярусе, подстилая кизеритовый.

*Спутники.* См. кизерит.

*Месторождения.* В СССР: Стебняк, УССР. За границей: Стасфуртское, ГДР, Ишль, Австрия.

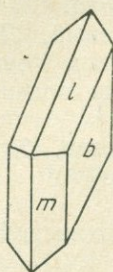
*Значение.* Агрономическая руда: используется в производстве искусственных удобрений.

**388. Гипс** (легкий шпат)  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (CaO 32,5;  $\text{SO}_3$  46,6;  $\text{H}_2\text{O}$  20,9).

Мон. с.; вид симм.  $L^2PC$ . Характерные одиночные кристаллы (рис. 198), двойники, сростки (рис. 199) и мраморовидные массы. Двойники в виде ласточкина хвоста двух типов: гальские — двойниковая плоскость (100) (рис. 200) и парижские, с закругленными гранями (рис. 201) — двойниковая плоскость (101).

Белый, розовый, серый до бесцветного. Блеск стеклянный до перламутрового. Сп. весьма совершенная; листочки, отщепленные по спайности, гибкие. Тв. 1,5—2. Уд. в. 2,3.

Рис. 198. Гипс:  
 $b(010)$ ,  $m(110)$ ,  
 $l(111)$



П. п. тр. мутнеет и сплавляется в белую эмаль. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду (отличие от ангидрита). В HCl и воде растворяется. Для растворения одной части гипса требуется около 400 частей воды при обыкновенной температуре.

*Происхождение.* Морской химический осадок — образуется в связи с метаморфизацией морской воды и усыханием обособленных участков моря (выделяется в первые стадии испарения, когда раствор недостаточно насыщен NaCl и другими солями; позднее выделяется ангидрит, затем — галит. Продукт гидрата-



Рис. 199. Гипсовая роза

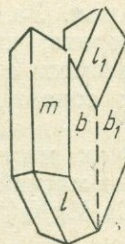


Рис. 200. Гальский двойник гипса



Рис. 201. Парижский двойник гипса

ции ангидрита. Продукт окисления сернистых минералов и серы. Переотложенный материал в результате гидрохимических реакций.

*Спутники.* Ангидрит  $\text{CaSO}_4$ , галит NaCl, кизерит  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  и другие минералы соляных месторождений. Вторичные продукты по гипсу: кварц, арагонит, часто в виде псевдоморфоз.

**Разновидности.** Селенит — плотный жилковатый гипс с шелковистым блеском.

**Месторождения.** В СССР: Кунгур, Свердловская область и в Поволжье — среди пермских отложений; современные образования озер Западного Казахстана и др.

**Значение.** В полуобожженном виде используется как цемент и как материал для лепных работ, отливок и т. п. В сыром виде употребляется в качестве удобрения (для «исправления» почв). Жилковатые и плотные разновидности являются поделочными камнями.

#### ГРУППА КУПОРОСОВ

Относящиеся сюда минералы представляют собой легко растворимые многоводные сульфаты Cu, Mg, Zn, Mn, Fe, Ni. За исключением эпсомита  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , характерного для соляных залежей, образуются преимущественно при окислении сернистых соединений.

Форма нахождения: налеты, корочки, выцветы, потеки, выполнения пустот и трещин, цемент обломочного материала. Благодаря легкой растворимости, встречаются сравнительно редко. На воздухе выветриваются, теряя воду. По принадлежности к разным сингониям различаются купоросы ромбической, моноклинной и триклинной сингоний.

#### Ромбические купоросы

**389. Эпсомит (горькая соль)  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  (MgO 16,3;  $SO_3$  32,5;  $H_2O$  51,2).**

Вид симм.  $3L^2$ . Кристаллы призматические, игольчатые и волокнистые (рис. 202); налеты, выцветы, сплошные и землистые массы.

Цвет белый; иногда бесцветен. Сп. весьма совершенная по (010). Тв. 2—2,5. Уд. в. 1,68. Вкус горький. На воздухе легко выветривается, теряя большую часть воды, и мутнеет.

**Происхождение.** Главная масса эпсомита образуется путем осаждения из сложных растворов (типа морской воды) при температуре 18—31°, в зависимости от состава раствора: менее богатые магнием растворы дают эпсомит, более богатые — кизерит. Кроме первичного, в соляных месторождениях может быть вторичный эпсомит, образовавшийся за счет гидратации кизерита. В пустынных и засушливых местностях эпсомит образует почвенные выцветы и является минералом высыхающих озер. В зонах железной шляпы и цементации встречается в виде нежных шелковистых налетов и пучков длинных волокон.

**Спутники.** В соляных месторождениях: галит  $NaCl$ , кизерит  $MgSO_4 \cdot H_2O$ ; в выцветах и озерах: мирабилит  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ , кизерит  $MgSO_4 \cdot H_2O$  (как продукт обезвоживания эпсомита), астраханит  $Na_2Mg[SO_4]_2 \cdot 4H_2O$ ; в зоне окисления рудных месторождений: мелантерит  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , гипс  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ .

**Значение.** Используется в текстильной, бумажной, химической и кожевенной промышленности.

**390. Госларит (цинковый купорос)  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  (ZnO 28,2;  $SO_3$  27,9;  $H_2O$  43,9).**

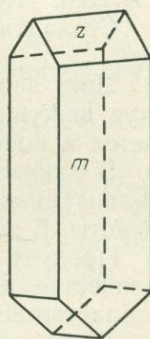


Рис. 202. Эпсомит:  $m(110)$ ,  $z(111)$

Образует корки и почковидные натёки. Бесцветен и серовато-белый. Сп. совершенная по (010). Тв. 2—2,5. Вкус вяжущий, неприятный. Легко выветривается. С водой на угле дает белый налет окиси цинка.

*Разновидности.* Феррогосларит, содержит до 5%  $\text{FeSO}_4$ , и купрогосларит — до 13,5%  $\text{CuSO}_4$ . Цвет последнего зеленовато-синий. С содой на угле дает окись цинка.

*Происхождение.* Продукт выветривания цинковой обманки. Встречается редко и в небольшом количестве на стенках рудничных выработок.

**391. Моренозит** (никелевый купорос)  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (NiO 26,6;  $\text{SO}_3$  28,5;  $\text{H}_2\text{O}$  44,9).

Тонкоигольчатые кристаллы и волокнистые выцветы. Цвет изумрудно-зеленый, но тонкие кристаллики-волоски почти бесцветны. Тв. 2. Уд. в. 2,0. Легко выветривается. При нагревании в закрытой трубке выделяет много воды, вспучивается и становится желтым и непрозрачным.

Редок. Представляет собой продукт выветривания никелевых сернистых руд. Обычным спутником является аннабергит.

#### Моноклинные купоросы

**392. Бутит**  $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (CuO 27,9;  $\text{SO}_3$  28,0;  $\text{H}_2\text{O}$  44,1).

Плотный или волокнистый.

Цвет синий, бледнее, чем у халькантита  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Сп. неясная. Тв. 2—2,5. Уд. в. 1,94.

Минерал редкий, вторичный. Обычным спутником плотного бутита является халькантит.

**393. Мелангерит** (железный купорос)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (FeO 25,9;  $\text{SO}_3$  28,8;  $\text{H}_2\text{O}$  45,3).

Сталактиты, сплошные стекловатые массы; иногда тонковолокнистый.

Цвет зеленый. Сп. совершенная по (001). Тв. 2. Уд. в. 1,89—1,90. Вкус вяжущий. На воздухе теряет воду и окисляется, бурет, распадается в порошок, выделяет свободную серную кислоту.

В закрытой трубке при нагревании плавится в собственной кристаллизационной воде. При прокаливании выделяет сернистую и серную кислоты. В воде легко растворяется.

Продукт выветривания пирита, марказита, пирротина. В большом количестве накапливается при окислении сульфидных месторождений в областях вечной мерзлоты.

*Разновидности.* Пизанит  $(\text{Fe}, \text{Cu})\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , содержит до 18% CuO, цвет синий.

**394. Биберит** (кобальтовый купорос)  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (CoO 26,6;  $\text{SO}_3$  28,5;  $\text{H}_2\text{O}$  44,9).

Натёки и хлопьевидные налеты на кобальтовых рудах.

Цвет бледно-розовый. Легко растворяется в воде. Минерал очень редкий.

#### Триклинные купоросы

**395. Халькантит** (медный купорос)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (CuO 31,8;  $\text{SO}_3$  32,1;  $\text{H}_2\text{O}$  36,1).

Кристаллы редки. Встречается в почковидных и натечных формах, образует корки, выполняет трещины.

Цвет синий. Сп. несовершенная. Тв. 2,5. Уд. в. 2,2—2,3. Вкус неприятный, вяжущий. На воздухе теряет часть воды и мутнеет, цвет становится бледно-синим.

В закрытой трубке при нагревании сильно вспучивается, белеет. При прокаливании в смеси с углем выделяет сернистую кислоту. С водой дает синий раствор, из которого на железе осаждается металлическая медь.

*Происхождение.* Продукт окисления халькопирита и других медьсодержащих сульфидов. Редок ввиду легкой растворимости.

#### ГРУППА КВАСЦОВ

Образование минералов этой группы обычно связано с разрушением боковых пород, из которых они заимствуют алюминий.

Различают два ряда квасцовых минералов: нормальные квасцы кубической сингонии и обедненные водой моноклинные квасцы.

#### Кубические квасцы

**396. Чермигит** (аммиачные квасцы)  $(\text{NH}_4)\text{Al}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{NH}_4$ )<sub>2</sub>O 5,7;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  11,3;  $\text{SO}_3$  35,3;  $\text{H}_2\text{O}$  47,7).

Образует прожилки, налеты и корочки волокнисто-жилковатого сложения.

Белого цвета или бесцветен. Тв. 1—2. Уд. в. 1,5. Легко растворяется в воде. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду и сульфат аммония. На угле образует налет  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  и белый остаток, который после прокаливании с  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  окрашивается в синий цвет. При нагревании с содой в закрытой трубке издает запах аммиака. Встречается в бурых углях и как продукт деятельности вулканов.

**397. Мендоцит** (натровые квасцы)  $\text{NaAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Na}_2\text{O}$  6,8;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  11,1;  $\text{SO}_3$  34,9;  $\text{H}_2\text{O}$  47,2).

Белые волокнистые массы. Тв. 3. Уд. в. 1,88. Напоминает жилковатый гипс, но более твердый. Минерал редкий.

**398. Калинит** (калиевые квасцы)  $\text{KAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{K}_2\text{O}$  9,9;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10,8;  $\text{SO}_3$  33,7;  $\text{H}_2\text{O}$  45,6).

Волокнистые и сплошные образования, налеты и корочки. Белый и бесцветный. Тв. 2—2,5. Уд. в. 1,75. Легко растворяется в воде. Продукт окисления сульфидов и серы и разложения под влиянием серной кислоты алюминийсодержащих минералов боковых пород.

#### Моноклинные квасцы

**399. Пиккерингит** (магнезиальные квасцы)  $\text{MgAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{MgO}$  4,7;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  11,9;  $\text{SO}_3$  37,3;  $\text{H}_2\text{O}$  46,1).

Бесцветные, жилковатые или красноватые волокна с шелковистым блеском. Тв. 1. Вкус горький, вяжущий. Обычно представляет собой продукт выветривания сланцев.

**400. Галотрихит** (железистые квасцы)  $\text{Fe} \cdot \text{Al}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{FeO}$  7,8;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  11,0;  $\text{SO}_3$  34,5;  $\text{H}_2\text{O}$  46,7).

Жилковатые агрегаты и корочки белого или желтоватого цвета с шелковистым блеском. На воздухе окисляется, теряет воду, буреет и рассыпается в порошок.

Продукт окисления сульфидов и серы и разложения боковых пород под действием серной кислоты. Находится часто в связи с окислением пирита в углисто-глинистых сланцах (квасцовые глины).

## ГРУППА АЛУНОГЕНА—КОКИМБИТА

**401. Алуноген**  $\text{Al}_2[\text{SO}_4]_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  16,2;  $\text{SO}_3$  38,1;  $\text{H}_2\text{O}$  45,7).

Мон. с. Нежноволокнистые массы и корочки; также сплошной.

Цвет белый, иногда с желтым или красным оттенком. Тв. 1,5.

Уд. в. 1,6—1,8. Вкус вяжущий.

В закрытой пробке при нагревании выделяет воду, а при сильном прокаливании — серную кислоту. Смоченный азотнокислым кобальтом окрашивается при прокаливании в синий цвет. Легко растворяется в воде.

*Происхождение.* Продукт вулканической деятельности и разложения пирита в угольных пластах и глинистых сланцах.

**402. Кокимбит**  $\text{Fe}_2^{++}[\text{SO}_4]_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  28,5;  $\text{SO}_3$  42,7;  $\text{H}_2\text{O}$  28,8).

Гекс. с. Мелкие кристаллики, имеющие вид гексагональных призмочек или правильных «октаэдров» (комбинация ромбоэдра и пинакоида). Большею частью встречается в зернистых агрегатах.

Цвет белый, желтоватый, зеленоватый. Тв. 2. Уд. в. 2,1. Полностью растворяется в холодной воде; при кипячении раствора оседает окись железа.

*Происхождение.* Продукт окисления пирита, отчасти образуется в связи с вулканической деятельностью.

*Примечание.* Кроме кокимбита, известны сходные с ним по происхождению сульфаты окиси железа: квенштедтит  $\text{Fe}_2[\text{SO}_4]_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , красновато-фиолетовый, и илеит  $\text{Fe}_2[\text{SO}_4]_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , оранжево-фиолетовый.

## Сложные сульфаты

### ГРУППА ЦИАНОТРИХИТА—КОПИАПИТА—АЛУМИНИТА

**403. Цианотрихит (леттсомит)**  $\text{Cu}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{CuO}$  49,3;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  15,9;  $\text{SO}_3$  12,4;  $\text{H}_2\text{O}$  22,4).

Ромб. с. Встречается в бархатистых друзах, иногда образует сферические шарики.

Цвет ярко-синий. Блеск перламутровый. Уд. в. 2,74.

П. п. тр. легко плавится. Минерал редкий, гипергенный, иногда выполняет пустоты в буром железняке; известен в руднике Беркара в Центральном Казахстане.

**404. Копиапит**  $\text{MgFe}_4^{++}(\text{OH})_2[\text{SO}_4]_6 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{MgO}$  3,4;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  27,0;  $\text{SO}_3$  40,7;  $\text{H}_2\text{O}$  28,9).

Мон. с. Плотнозернистый или в виде рыхлых агрегатов, состоящих из кристаллических чешуек.

Цвет серно-желтый, лимонно-желтый, золотистый. Тв. 2,5. Уд. в. 2,10.

П. п. тр. плавится с трудом. Растворим в воде. Разлагается в воде при кипячении.

*Разновидности.* Купрокопиапит, содержит медь вместо магния, вторичный по копиапиту, встречается вместе с последним.

*Происхождение.* Гипергенный — продукт окисления сульфидов железа. Один из распространенных железистых сульфатов.

*Спутники.* Пирит  $\text{FeS}_2$ , марказит  $\text{FeS}_2$ .

**405. Алюминит**  $\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{SO}_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  29,6;  $\text{SO}_3$  23,3;  $\text{H}_2\text{O}$  47,1).

Мон. с. Плотный, в почковидных массах, легко растирающихся между пальцами.

Цвет белый. Тв. 1—2. Уд. в. 1,66. Тощий на ощупь. Гигроскопичен: липнет к языку.

П. п. тр. не плавится. После прокаливания с раствором азотно-кислого кобальта в окислительном пламени приобретает ярко-синюю окраску. Растворяется в кислотах.

*Происхождение.* Образуется в пластах глины за счет сернокислых растворов, действующих на каолиновое вещество.

По свойствам и условиям нахождения близки к алуминиту параалуминит  $2Al_2O_3 \cdot SO_3 \cdot 15H_2O$ , фельшёбанит  $2Al_2O_3 \cdot SO_3 \cdot 10H_2O$ .

#### СУЛЬФАТО-ГАЛОИДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

**406. Каинит**  $MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$  (MgO 16,1; K<sub>2</sub>O 18,9; SO<sub>3</sub> 32,1; Cl 14,3; H<sub>2</sub>O 21,8 или  $MgSO_4$  48,2; KCl 30,0; H<sub>2</sub>O 21,8).

Мон. с.; вид симм. L<sup>2</sup>PC. Находится в виде отдельных кристаллов, друз и сплошных масс зернистого сложения.

Цвет разный — от бесцветного и белого до мясо-красного. Тв. 2,5—3. Уд. в. 2,07—2,19. Сп. средняя. Не гигроскопичен. Вкус горько-соленый.

П. п. тр. выделяет H<sub>2</sub>O и HCl. В воде легко растворим, но из своего водного раствора не кристаллизуется, вместо каинита выпадает  $K_2Mg[SO_4]_2 \cdot 6H_2O$  — пикромерит.

*Происхождение.* Химический морской осадок и вторичный продукт по карналлиту. Выделяется из сложных солевых растворов в сравнительно узких пределах состава этих растворов. В Стассфуртском месторождении каинит встречается в кизеритовом ярусе (первичный каинит); кроме того, известен самостоятельный каинитовый ярус выше карналлитового, где каинит образовался за счет карналлита при вторичных процессах.

*Спутники.* См. кизерит.

*Месторождения.* В СССР: Калуш в УССР — пласты мощностью до 20 м. За границей: Стассфуртское в ГДР.

*Значение.* Важная руда на калий и магний в химической промышленности и при изготовлении искусственных удобрений.

#### УРАНОВЫЕ СУЛЬФАТЫ

Встречаются редко и в небольшом количестве. Имеют поисковое значение на урановые руды, поскольку представляют собой продукты выветривания первичных урановых минералов.

**407. Иоганнит** (урановый купорос)  $Cu(UO_2)_2(OH)_2[SO_4]_2 \cdot 6H_2O$  (CuO 8,5; UO<sub>3</sub> 61,0; SO<sub>3</sub> 17,1; H<sub>2</sub>O 13,4).

Трикл. с. Мелкие кристаллики и почковидные агрегаты.

Цвет травяно-зеленый; черта того же цвета, но более светлая. Тв. 2—2,5. Уд. в. 3,3. Сильно радиоактивен.

П. п. тр. легко плавится. Несколько растворяется в воде.

*Происхождение.* Поверхностный.

*Месторождения.* За границей: Яхимов, Чехословакия и Иоганн-георгенштадт в Саксонии.

**408. Циппеит**  $(UO_2)_2(OH)_2[SO_4] \cdot 3-5H_2O$  (теоретический состав при 4H<sub>2</sub>O: UO<sub>3</sub> 79,0; SO<sub>3</sub> 11,0; H<sub>2</sub>O 10,0).

Мон. с. Порошковатый.

Цвет оранжево-желтый. Тв. 3. Светится под действием ультрафиолетовых лучей желтовато-зеленым цветом.

*Происхождение.* Продукт выветривания уранинита.

*Спутники.* Уранопилит  $(\text{UO}_2)_6(\text{OH})_{10}[\text{SO}_4] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , гипс, урановые слюдки, уранотил  $\text{CaO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

**409. Уранопилит**  $(\text{UO}_2)_6(\text{OH})_{10}[\text{SO}_4] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{UO}_3$  81,63;  $\text{SO}_3$  3,81;  $\text{H}_2\text{O}$  14,56).

Бархатистые корочки, сложенные волосовидными кристаллами, почковидные агрегаты и налеты.

Цвет светло-желтый с зеленоватым оттенком. Уд. в. 3,9. В ультрафиолетовых лучах светится ярким желто-зеленым цветом.

Частично растворяется в воде, окрашивая раствор в светло-оранжевый цвет. В кислотах легко растворяется.

*Происхождение.* Продукт выветривания уранинита.

*Спутники.* Сопровождается гипсом  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , циппеитом  $(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2[\text{SO}_3] \cdot 3-5\text{H}_2\text{O}$ , иоганнитом  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2[\text{SO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Часто покрыт корочкой водных окислов железа.

## ХРОМАТЫ

Хроматы немногочисленны и очень редки. Нахождение их обычно связано с присутствием хрома во вмещающих породах. Хроматы всегда поверхностного происхождения. Наиболее часто встречаются хроматы свинца — в зонах окисления рудных месторождений, содержащих свинец. Классическим месторождением хроматов является Березовский рудник в 10 км к северу от Свердловска.

**410. Крокоит**  $\text{PbCrO}_4$  ( $\text{PbO}$  68,9;  $\text{CrO}_3$  31,1).

Мон. с. Кристаллы призматические (рис. 203), образуют друзы и корочки.

Цвет красный и желтовато-красный. Блеск алмазный. Тв. 2,5—3. Уд. в. 5,6—6,1. Сп. средняя по (110).

П. п. тр. растрескивается, темнеет и легко плавится. На угле дает шарик металлического свинца; с фосфорной солью образует стекло, окрашенное в зеленый цвет. В горячей  $\text{HCl}$  растворяется, выделяя  $\text{Cl}$ .

*Спутники.* В Березовском месторождении на Урале сопровождается вокеленитом  $(\text{Pb}, \text{Cu})_3\text{Cr}_2\text{O}_9$ , лаксманитом  $(\text{Pb}, \text{Cu})_5(\text{PO}_4)_2[\text{CrO}_4]_2$  и фэницитом  $\text{Pb}_3\text{O}[\text{CrO}_4]_2$ .

**411. Фэницит** (меланохroit, феникохroit)  $\text{Pb}_3\text{O}[\text{CrO}_4]_2$  ( $\text{PbO}$  76,8;  $\text{CrO}_3$  23,2).

Ромб. с.; вид. симм.  $L^2PC$ . Кристаллы в виде мелких табличек, иногда сросшихся веерообразно.

Цвет кошенильно-красный, до гиаинтово-красного, при хранении становится лимонно-желтым. Черта коричнево-красная. Сп. весьма совершенная. Тв. 3—3,5. Уд. в. 5,75.

П. п. тр. на угле легко плавится в кристаллический шарик. В соляной кислоте разлагается с выделением хлористого свинца.

Очень редок. Известен в Березовском месторождении на Урале.

**412. Вокеленит**  $(\text{Pb}, \text{Cu})_3\text{Cr}_2\text{O}_9$  ( $\text{PbO}$  61,22;  $\text{CuO}$  11,93;  $\text{CrO}_3$  26,85).

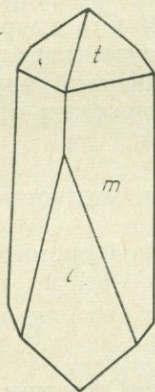


Рис. 203. Крокоит:  
 $m(110)$ ,  $l(40\bar{1})$ ,  
 $t(111)$

Мон. с. Кристаллы мелкие, клинообразные, слагающие шаровидные образования или корочки.

Цвет зеленый до бурого и почти черного. Блеск алмазный. Тв. 2,5—3. Уд. в. 5,8—6,1.

Очень редок. Встречается в Березовском руднике с крокоитом, фёницитом и лаксманитом.

**413. Лаксманит**  $(Pb, Cu)_5(PO_4)_2[CrO_4]_2$  (PbO 63,09; CuO 10,48;  $CrO_3$  17,63;  $P_2O_5$  8,80).

Образует бугорчатые и рыхлые массы, слои и налеты. Бугорки лаксманита часто обладают слонстым строением.

Цвет темно-зеленоватый до зеленовато-желтого. По внешним признакам трудно отличим от землистых разновидностей вокаленита.

Минерал очень редкий. Встречается в Березовском месторождении на Урале вместе с вокаленитом.

## МОЛИБДАТЫ

К группе молибдатов относятся: повеллит  $CaMoO_4$ , вульфенит  $PbMoO_4$ , кёхлинит  $Vi_2O_2[MoO_4]$ , ферримолибдит  $Fe_2[MoO_4]_3 \cdot 7H_2O$ . Все минералы гипергенные, связаны с зоной железной шляпы, где молибдаты могут образоваться в результате окисления имевшегося здесь молибденита или же молибден может быть привнесен со стороны поверхностными водами в виде растворимых молибдатов. В большинстве случаев молибдаты имеют значение поисковых признаков.

**414. Повеллит**  $CaMoO_4$  (CaO 28,0;  $MoO_3$  72,0).

Тетр. с.; вид. симм.  $L^4PC$ . Кристаллы мелкие в виде тетрагональных дипирамид; чаще псевдоморфозы по молибдениту в виде характерных агрегатов листоватого сложения.

Цвет белый, слегка зеленоватый. Блеск перламутровый. Тв. 3,5. Уд. в. 4,52.

П. п. тр. плавится с трудом. С фосфорной солью в восстановительном пламени дает зеленое стекло. В кислотах разлагается. Раствор в  $H_2SO_4$  синего цвета.

*Происхождение.* Образуется в зоне окисления молибденовых месторождений.

*Спутники.* Молибденит  $MoS_2$ , молибденовая охра  $MoO_3 \cdot nH_2O$ .

*Месторождения.* В СССР: Лянгарское, Узбекская ССР — в скарных с шеелитом; Гутайское в Забайкалье — в кварцевых жилах.

**415. Вульфенит**  $PbMoO_4$  (PbO 60,7,  $MoO_3$  39,3).

Тетр. с.; вид симм.  $L^4$ . Кристаллы пирамидальные и тонкопластинчатые, часто хорошо образованы (рис. 204).

Цвет желтый и красновато-бурый. Блеск алмазный. Сп. средняя по (111). Тв. 3. Уд. в. 6,7—7,0. Очень похож на чиллагит.

П. п. тр. сильно растрескивается и легко плавится. При восстановлении на угле получается королек металлического свинца. Крепкая  $H_2SO_4$  разлагает вульфенит с образованием синего раствора.

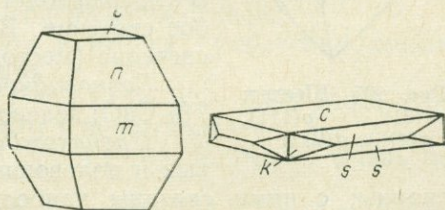


Рис. 204. Вульфенит:  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  $k(210)$ ,  $n(111)$ ,  $s(113)$

*Происхождение.* Обычно образуется в зоне железной шляпы свинцовых месторождений.

*Спутники.* Галенит  $PbS$ , церуссит  $PbCO_3$ , пироморфит  $Pb_5Cl[PO_4]$ , ванадинит  $Pb_5Cl[VO_4]_3$ , каламин  $Zn_4(OH)_2[Si_2O_7] \cdot H_2O$  и др.

*Месторождения.* В СССР: Сулеймансайское, Казахская ССР — в парагенизе почти со всеми указанными выше минералами.

**416. Ферримолибдит** (молибденовая охра)  $Fe_2[MoO_4]_3 \cdot 7H_2O$  ( $Fe_2O_3$  22,3;  $MoO_3$  60,2;  $H_2O$  17,5).

Ромб. с. Порошковые налеты и скопления тонковолокнистого сложения. Иногда образует радиальнолучистые звездчатые агрегаты. Цвет светлый зеленовато-желтый. Тв. 1,5. Уд. в. 4,5.

Разлагается в аммиаке с выделением бурого гидрата окиси железа. С фосфорной солью дает зеленый перл.

Наиболее частый продукт окисления молибденита.

*Спутники.* Молибденит  $MoS_2$ , иногда повеллит  $CaMoO_4$ .

*Месторождения.* В СССР: Джида, Бурятская АССР — в грейзенах и кварцевых жилах с молибденитом.

*Значение.* Поисковый признак на молибденит.

**417. Кёхлинит**  $Bi_2O_2[MoO_4]$ .

Ромб. с. Мелкие таблички. Цвет зеленовато-желтый. Очень редок<sup>1</sup>.

## ВОЛЬФРАМАТЫ

Группа вольфраматов малочисленна, как и группа молибдатов, но в ней наряду с вторичными минералами, характерными для зоны окисления, находятся два основных рудных минерала на вольфрам — вольфрамит и шеелит, исключительно глубинного происхождения.

**418. Шеелит**  $CaWO_4$  ( $CaO$  19,4;  $WO_3$  80,6).

Тетр. с.; вид. симм.  $L^4PC$ . Кристаллы в форме тетрагональных дипирамид, напоминающих октаэдр (рис. 205). Характерно нахождение в виде зернистой вкрапленности.

Цвет белый, серый, бурый и желтый. Блеск жирный. Сп. средняя по (111). Тв. 4,5. Уд. в. 5,9—6.

П. п. тр. плавится с трудом. С фосфорной солью в восстановительном пламени дает синее стекло. Кислотами  $HCl$  и  $HNO_3$  полностью разлагается. Раствор после прибавления кусочка олова становится синим. В ультрафиолетовых лучах имеет характерное голубое свечение. В случае примеси молибдена — желтое свечение (месторождение Тырнауз).

*Разновидности.* Купрошеелит, содержит до 7%  $CuO$ ; зеленоватого цвета.

Рис. 205. Шеелит:  
 $e(101)$ ,  $p(111)$ ,  
 $x(416)$ ,  $g(212)$

*Происхождение.* Образуется в скарнах, кварцевых и полевошпатовых жилах. Особенно характерны скарны; с ними связаны наиболее крупные месторождения шеелита. В жилах шеелит иногда сопутствует золоту. Кроме того, находится в россыпях поблизости от коренных месторождений, иногда вместе с золотом. В процессе выветривания разлагается с образованием меймакита  $WO_3 \cdot 2H_2O$ .

*Спутники.* В скарнах: халькопирит  $CuFeS_2$ , молибденит  $MoS_2$ , андрадит  $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$ , пироксены, скаполит и другие минералы, воз-

<sup>1</sup> Кроме описанных молибдатов, известен чиллагит, вольфрамат-молибдат свинца. Описание см. в разделе «Вольфраматы».

никающие при контактовом метаморфизме известняков. В рудных жилах: флюорит, кальцит, сульфиды, в том числе молибденит  $\text{MoS}_2$ , висмутовый блеск  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  и арсенопирит.

*Месторождения.* В СССР: Лянгар, Узбекская ССР — скарновое, с молибденитом и продуктом выветривания последнего — повеллитом; Чорух-Дайрон, Таджикская ССР — «жилые» скарны в изверженных породах (адамеллитах) с обычным для скарнов парагенезисом; Тырнауз и Кароби на Кавказе — скарны с молибденитом; Забайкалье — в золотоносных вольфрамовых жилах и др. За границей: многочисленны контактово-метаморфического типа месторождения США.

*Значение.* Важнейшая вольфрамовая руда.

**419. Штольцит**  $^1 \text{PbWO}_4$  ( $\text{PbO}$  49,0;  $\text{WO}_3$  51,0).

Тетр. с.; вид симм.  $L^4\text{PC}$ . Кристаллы в виде острых тетрагональных дипирамид (рис. 206).

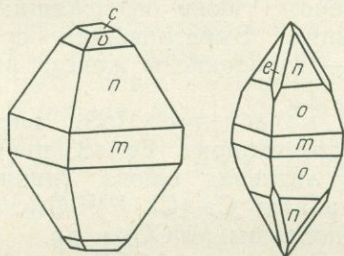


Рис. 206. Штольцит:  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  $e(101)$ ,  $v(112)$ ,  $n(111)$ ,  $o(221)$

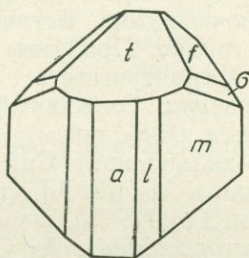


Рис. 207. Вольфрамит:  $a(100)$ ,  $l(210)$ ,  $m(110)$ ,  $t(102)$ ,  $f(011)$ ,  $\sigma(121)$

Цвет коричневый, красный, зеленый и желтовато-зеленый. Тв. 3. Уд. в. 7,87—8,13. Черта бесцветная. Блеск алмазный. Сп. несовершенная.

П. п. тр. растрескивается и легко сплавляется в кристаллический блестящий металлический королек. Перл фосфорной соли окрашивается в восстановительном конусе в голубой цвет. В  $\text{HNO}_3$  разлагается с осаждением желтой окиси вольфрама.

*Происхождение.* Минерал очень редкий. Образуется в зоне окисления вольфрамовых месторождений, содержащих свинец.

*Месторождения.* В СССР известен в районе Гумбейских шеелитовых месторождений на Южном Урале.

**420. Чиллагит**  $3\text{PbWO}_4 \cdot \text{PbMoO}_4$  ( $\text{PbO}$  51,5;  $\text{WO}_3$  40,2;  $\text{MoO}_3$  8,3).

Тетр. с.; вид симм.  $L^4\text{PC}$ . Кристаллы в виде табличек.

Цвет желтый до буроватого. Тв. 3,5. Уд. в. 7,5. Редок. Очень похож на вульфенит.

**421—422. Ферберит**  $\text{FeWO}_4$  и **гюбнерит**  $\text{MnWO}_4$  — крайние представители группы вольфрамита ( $\text{Fe}$ ,  $\text{Mn}$ )  $\text{WO}_4$ .

Мон. с.; вид симм.  $L^2\text{PC}$ . Кристаллы пластинчатые и таблитчатой формы (рис. 207).

Цвет черный и темно-бурый до красновато-коричневого у марганцевых разновидностей. Черта красновато-бурая, почти черная (у ферберита).

<sup>1</sup> Полиморфной разностью штольцита является распит  $\text{PbWO}_4$ . Мон. с. Мелкие таблички буро-желтого цвета. Тв. 2,5. Редок.

та) до светло-желтой (у гюбнерита). Блеск металлоидный, особенно сильный на плоскостях спайности. Сп. совершенная в одном направлении по (010). Тв. 4,5—5,5. Уд. в. 7,5.

П. п. тр. сравнительно легко плавится в магнитный шарик; с содой и селитрой дает голубовато-зеленый марганцевый сплав. При нагревании в крепкой HCl порошок вольфрамит разлагается с выделением желтого осадка  $WO_3$ , который после отфильтрования легко растворяется в аммиаке. Солянокислые и сернокислые вольфрамовые растворы становятся синими от прибавления кусочка цинка.

*Разновидности.* Рейнит  $FeWO_4$ , тетрагональные кристаллы, вероятно, псевдоморфоза по шеелиту.

*Происхождение.* Вольфрамит большей частью гидротермальный и, возможно, пневматолитический. Встречается в кварцевых жилах в связи с кислыми горными породами. Жилы с вольфрамитом обыкновенно сопровождаются слюдяным грейзеном, также содержащим нередко вольфрамит. Встречается в россыпях. Выветривается сравнительно трудно. Продукты выветривания — гидроокислы железа и марганца и ферритунгстит.

*Спутники.* Оловянный камень  $SnO_2$ , молибденит  $MoS_2$ , висмутый блеск  $Bi_2S_3$ , висмут самородный, арсенопирит  $FeAsS$  пирротин  $Fe_{1-x}S$ , халькопирит  $CuFeS_2$ , турмалин, литиевая слюда (циннвальдит), топаз  $Al_2F_2[SiO_4]$ , флюорит  $CaF_2$ , апатит  $Ca_5(Cl, F)[PO_4]_3$ , триплит  $(Mn, Fe)_2F[PO_4]$ , шеелит  $CaWO_4$ , родохрозит  $MnCO_3$  и др.

*Месторождения.* В СССР: Джида, Бурятская АССР — гюбнерит в кварцевых жилах, частично с сульфидами и родохрозитом; Букука и Белуха — в жилах с грейзеном и многие другие. За границей: Китай, в провинциях Кианг-Си, Кванг-Тунг и др. — россыпи; Бирма — россыпи и жилы.

*Значение.* Важнейшая вольфрамовая руда.

**423. Ферритунгстит** (вольфрамовая охра)  $Fe_2^{III}(OH)_4[WO_4] \cdot 4H_2O$  ( $Fe_2O_3$  32,0;  $WO_3$  46,4;  $H_2O$  21,6).

Гекс. с. Тонкие порошокватые налеты.

Цвет бледно-желтый до буровато-желтого. Тв. 1. Редок. Встречается в небольшом количестве как продукт окисления вольфрамитов.

## СОЛИ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ

Группа солей органических кислот представляет исключительно теоретический интерес. Минералы редки. Характеризуют поверхностную зону. Встречаются в небольшом количестве. Важнейшие — уэвеллит и меллит.

**424. Оксаммит**  $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  — водный оксалат аммония (соль щавелевой кислоты).

Ромб. с.; вид симм.  $3L^23PC$ . Порошковатый и в виде сплюснутых зерен.

Цвет желтовато-белый, блеск шелковистый. Легко плавится. При прокаливании в закрытой трубке с едким кали выделяет аммиак (запах).

*Происхождение.* Продукт разложения органических остатков.

**425. Уэвеллит**  $CaC_2O_4 \cdot H_2O$  — водный оксалат кальция.

Мон. с. Встречается только в кристаллах; характерны сердцевидные двойники (рис. 208).

Бесцветный. Тв. 2,5. Очень хрупок.

*Происхождение.* Образуется при выветривании залежей каменного угля. Крупные двойники размером до 3,5 см известны в трещине лежащего бока одного из каменноугольных пластов близ Дрездена.

**426. Меллит**  $\text{Al}_2\text{C}_{12}\text{O}_{12} \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  — водный меллат алюминия (соль медовой кислоты).

Тетр. с.; вид симм.  $L^4L^2$ . Кристаллы в виде тетрагональных дипирамид, напоминающих октаэдры; иногда сплошные хрупкие массы, похожие на древесную смолу.

Цвет медово-желтый, красноватый и буроватый. Тв. 2—2,5. Уд. в. 1,55—1,65.

Белеет при прокаливании в пламени свечи, но не загорается; в закрытой трубке при прокаливании выделяет много воды. Растворяется в  $\text{HNO}_3$ . Кипящая вода его разлагает. Встречается в пластах бурых углей.

*Месторождения.* В СССР: по р. Упе, Тульская область — в пластах каменного угля.

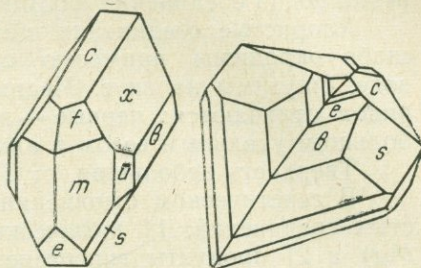


Рис. 208. Увеличит:  $b(010)$ ,  $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  $u(120)$ ,  $e(10\bar{1})$ ,  $x(011)$ ,  $s(132)$ ,  $f(111)$

## ГАЛОИДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (ГАЛОГЕНИДЫ)

К галоидным минералам относятся фтористые, хлористые, бромистые и иодистые соединения общим числом около 100, представляющие собой соли галоидоводородных кислот или же соединения со сложными анионными группами  $[\text{AlF}_6]^{3-}$ ,  $[\text{SiF}_6]^{2-}$  и др.

Наибольшее распространение имеют соединения F и Cl. Элементы Br и J самостоятельных минералов почти не образуют, чаще они замещают хлор в галоидных соединениях.

Значительное различие физических свойств фтора и хлора обусловливает разное место и роль соединений этих элементов в земной коре.

Фтор образует в природе чаще всего соединение с кальцием в виде флюорита  $\text{CaF}_2$ . Остальные фториды редки, а некоторые и очень сложны по химическому составу: содержат кроме кальция редкие земли, Mg, Na, K, Al, Si, B, иногда Li и  $\text{NH}_4$ . Во многих фторидах фтор частично замещается гидроксидом. Часто присутствует молекулярная вода.

Фтористые минералы в большинстве светлые, небольшого удельного веса и твердости, с низкими показателями преломления.

Встречаются в зернистых кристаллических массах, кристаллах, корочках, в землястых мело- и каолиноподобных образованиях. Легко разлагаются при нагревании в серной кислоте с выделением фтористого водорода.

Генетически это в основном минералы высоких температур: магматические, пневматолитические и гидротермальные. Кремнефтористые и борно-фтористые соединения являются продуктами вулканического процесса. Некоторые фтористые соединения Ca и Al изредка встречаются в гипергенной зоне.

Хлористые соединения представлены солями хлористоводородной кислоты.

Наибольшее распространение среди этих соединений имеют соли Na и K, отчасти Mg, редко встречаются соли Ag, Cu, Pb, Hg. Особенно редки соединения алюминия и железа.

Хлористые соединения щелочей и магния обычно бесцветны или слабо окрашены примесью окислов железа, легко растворяются в воде, ощутимы на вкус. Медные и свинцовые хлориды от других хлоридов отличаются: первые — зеленым или синим цветом, вторые — большим удельным весом и алмазным блеском.

Твердость небольшая, от 2 до 3.

В генетическом отношении выделяются два основных типа хлористых соединений: 1) химические осадки морей и озер (соли Na, K и Mg) и 2) продукты гипергенеза в зоне окисления сульфидных месторождений (соли Cu, Pb и др.).

Наибольшее практическое значение из фтористых минералов имеет флюорит, а из хлористых — галит, как пищевой продукт и как сырье основной химической промышленности, и ряд соединений калия и магния.

## Фториды

### Безводные фториды

Виллиомит  $\text{NaF}$   
Флюорит  $\text{CaF}_2$   
Криолит  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$   
Хиолит  $3\text{Na}[\text{AlF}_4] \cdot 2\text{NaF}$   
Криолитионит  $\text{Na}_3\text{Al}_2[\text{LiF}_4]_3$

### Водные фториды

Геарксутит  $\text{CaAl}(\text{F}, \text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$   
Кридит  $2\text{CaF}_2 \cdot 2\text{Al}(\text{F}, \text{OH})_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

## Хлориды

### Безводные хлориды

#### Простые безводные хлориды

#### *Группа нашатыря — галита*

Нашатырь  $\text{NH}_4\text{Cl}$   
Галит  $\text{NaCl}$   
Сильвин  $\text{KCl}$

#### *Группа кераргирита*

Кераргирит  $\text{AgCl}$                       Бромирит  $\text{AgBr}$   
Эмболит  $\text{Ag}(\text{Cl}, \text{Br})$                   Иодирит  $\text{AgI}$

#### *Группа каломели — котуннита*

Каломель  $\text{HgCl}$   
Котуннит  $\text{PbCl}_2$

## Сложные безводные хлориды

Атакамит  $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})$

Мендипит  $\text{PbCl}_2 \cdot 2\text{PbO}$

## Водные хлориды

### Простые водные хлориды

Гидрогалит  $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Бишофит  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Карналлит  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Тахгидрит  $2\text{MgCl}_2 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

### Сложные водные хлориды

Таллингит  $\text{CuCl}_2 \cdot 4\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

## ФТОРИДЫ

### БЕЗВОДНЫЕ ФТОРИДЫ

#### 427. Виллиомит $\text{NaF}$ .

Куб. с. при температуре выше  $300^\circ$ . При температуре ниже  $300^\circ$  становится тетрагональным, сохраняя прежний вид кристаллов куб. с. Цвет красный до темно-красного и фиолетовый. Сп. совершенная по кубу. Тв. 3,5. Уд. в. 2,79. Легко растворяется в воде.

*Происхождение.* Магматический — в нефелиновых сиенитах.

*Месторождения.* В СССР: Кольский полуостров — в содалитовых сиенитах. За границей: острова Лос, Гвинея, где виллиомит впервые был обнаружен.

428. Флюорит (плавиковый шпат)  $\text{CaF}_2$  (Ca 51,1; F 48,9). Иногда содержит в виде изоморфной примеси  $\text{YF}_3$ .

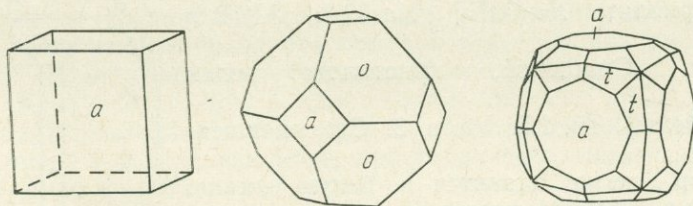


Рис. 209. Флюорит:  $a(100)$ ,  $o(111)$ ,  $t(421)$

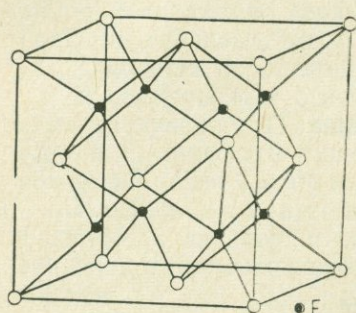
Куб. с.; вид симм.  $3L^44L^36L^29PC$ . Кристаллы — кубы, чистые или в комбинации с другими формами (рис. 209); зернистые и плотные массы, концентрически-зональные агрегаты и натеки столбчатого сложения. Кристаллическая структура изображена на рис. 210.

Цвет фиолетовый, зеленый; иногда бесцветен; часто полихромный. Сп. совершенная по октаэдру. Тв. 4. Уд. в. 3,1—3,2. Некоторые разности при осторожном нагревании светятся в темноте (термолюминесценция) и фосфоресцируют после того, как побывали на солнце. Окрашенные разности светятся в проходящем луче света. Непроводник

электричества. Пропускает инфракрасные и ультрафиолетовые лучи. Обнаруживает слабую дисперсию лучей разных длин волн.

П. п. тр. в тонких кусочках плавится, окрашивая пламя в красный цвет. При нагревании порошка в пробирке с  $H_2SO_4$  выделяет HF, который разъедает стекло.

**Разновидности.** Оптический флюорит, совершенно бесцветный и прозрачный; ратовкит, темно-фиолетовый землистый и в виде мелких зерен в доломитизированных известняках; радиофлюорит, радиоактивный от изоморфной примеси Ra, очень редок.



0 1 2 3 4 5 Å

Рис. 210. Структура флюорита

**Происхождение.** Гидротермальный — в мезо- и эпитептермальных жилах, реже пневматолитический — в грейзенах и пегматитах, еще реже гипергенный (ратовкит). Легко и иногда в большом количестве замещает кальцит.

**Спутники.** Роговиковый кварц, барит  $BaSO_4$ , кальцит  $CaCO_3$ , галенит  $PbS$ , сфалерит  $ZnS$ .

**Месторождения.** В СССР: Амдерма, Архангельской области — в известняках; Калангуй и Абагайтуй в Забайкалье — флюорит столбчатого сложения, натечного вида в жилах; Аурахмат, Казахская ССР — гнезда и жилы в известняках; Хайдаркан, Киргизская ССР — флюорит в рудной кремнистой брекчии с киноварью и сурьмяным блеском. За границей: Кумберленд и др на севере Англии — жилы со свинцовым блеском и цинковой обманкой; Коннектикутские в США — жилы флюорита, образовавшегося по кальциту.

**Значение.** Исходный материал для изготовления фтористых препаратов, в частности криолита для алюминиевой промышленности. Оптический флюорит служит для устранения хроматической и сферической аберрации.

**429. Криолит**  $Na_3[AlF_6]$  Na 32,8; Al 12,8; F 54,4).

Мон. с. Сплошной, кристаллы редки (рис. 211).

Цвет белый. Тв. 2,5. Уд. в. 3. Сп. совершенная.

П. п. тр. легко плавится в белую эмаль. В небольших кусочках плавится в пламени свечи. При нагревании с  $H_2SO_4$  выделяет HF, который разъедает стекло пробирки.

**Происхождение.** Минерал редкий. Гидротермальный высоких температур. Встречается в пегматитовых жилах.

**Спутники.** Кварц, сидерит  $FeCO_3$ , галенит  $PbS$ , сфалерит  $ZnS$ , пирит  $FeS_2$ , халькопирит  $CuFeS_2$ , вольфрамит  $(Fe, Mn)WO_4$ , флюорит  $CaF_2$ , касситерит  $SnO_2$ , молибденит  $MoS_2$ , арсенипирит  $FeAsS$ , колумбит  $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$  и вторичные по криолиту: хиолит  $3Na[AlF_4] \cdot 2NaF$ , криолитионит  $Na_3Al_2[LiF_4]_3$ , геарксутит  $CaAl[F,OH]_5 \cdot H_2O$ , пахнолит  $NaCa(AlF_6) \cdot H_2O$ , томсенолит  $NaCa[AlF_6] \cdot H_2O$ .

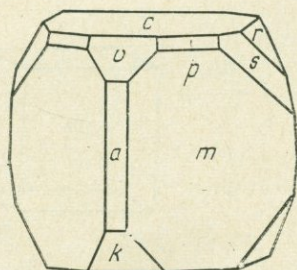


Рис. 211. Криолит: a(100), c(001), m(110), v(101), k(101), r(011), p(111), s(121)

**Месторождения.** В СССР: Ильменские горы на Урале — небольшие гнезда в альбитовом граните (спутником является хиолит). За границей: Ивигтут, Западная Гренландия — гнезда в граните, крупнейшее и почти единственное в мире.

**Значение.** Плавень в производстве алюминия.

**430. Хиолит**  $3\text{Na}[\text{AlF}_4] \cdot 2\text{NaF}$  (Na 24,8; Al 17,5; F 57,7).

Тетр. с. Отдельные кристаллы редки и очень малы. Обыкновенно в сплошных зернисто-кристаллических массах, похожих на криолит.

Цвет снежно-белый. Тв. 3,5—4. Уд. в. 2,84—2,90.

П. п. тр. ведет себя подобно криолиту, но еще более легкоплавко.

**Происхождение.** Минерал редкий. Образуется в пегматитовых жилах вместе с криолитом.

**Спутники.** Топаз  $\text{Al}_2\text{F}_2[\text{SiO}_4]$ , флюорит  $\text{CaF}_2$ , фенакит  $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$ , криолит  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ .

**Месторождения.** В СССР: Ильменские горы. За границей: Ивигтут, Гренландия — в месторождении криолита.

**431. Криолитионит**  $\text{Na}_3\text{Al}_2[\text{LiF}_4]_3$  (Li 5,6; Na 18,6; Al 14,5, F 61,3).

Куб. с. Кристаллы в виде ромбододекаэдров.

Цвет белый; иногда бесцветен. Тв. 2. Уд. в. 2,78. Сп. совершенная по (110).

Пл. п. тр. окрашивает в желтый с красными проблесками цвет.

**Происхождение.** Минерал очень редкий. Известен в пегматитовых жилах Гренландии вместе с криолитом и в Ильменских горах<sup>1</sup>.

#### ВОДНЫЕ ФТОРИДЫ

**432. Геарксутит**  $\text{CaAl}(\text{F}, \text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Псевдотетрагональный. Образует тонкие игольчатые кристаллы или встречается в виде порошковатых каолиноподобных масс.

Цвет белый. Тв. 2. Уд. в. 2,72—2,77. П. п. тр. легко плавится. Разлагается в кислотах. При прокаливании в закрытой трубке выделяет HF.

**Происхождение.** Гидротермальный — как продукт разложения других фтористых соединений, содержащих алюминий; гипергенный — в связи с разложением флюорита под действием серной кислоты, получающейся при окислении сульфидов, особенно  $\text{FeS}_2$ .

**433. Кридит**  $2\text{CaF}_2 \cdot 2\text{Al}(\text{F}, \text{OH})_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Мон. с. Встречается в виде друз мелких хорошо образованных кристаллов, чаще — в виде зернистых кристаллических выделений радиального сложения и плотных желваков.

Бесцветный, белый, красноватый. Сп. совершенная по (100). Тв. 4. Уд. в. 2,71—2,73.

<sup>1</sup> Спутниками криолита, хиолита и криолитионита часто являются: пахнолит и томсенолит —  $\text{NaCa}[\text{AlF}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$ , прозопит  $\text{CaAl}_2(\text{F}, \text{OH})_8$ , геарксутит  $\text{CaAl}(\text{F}, \text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Эти минералы возникают обыкновенно как вторичные продукты по криолиту, образуя плотные кристаллические массы белого цвета или же, как например, прозопит и геарксутит, — каолиноподобные накопления. Тв. 2—3. Легко разлагаются при прокаливании с выделением HF. Легко плавятся. Томсенолит сильно растрескивается в пламени свечи. Растворяются в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Представляют интерес как возможные гипергенные продукты в связи с разрушением плавикового шпата и боковых пород под действием серной кислоты при окислении сульфидов. Таково, по-видимому, происхождение близких к ним, не отличимых по внешнему виду от каолина и галлаузита, сложных фторидов кальция и алюминия, встреченных в пустотах кварцевых жил в месторождениях Джиды, Букука, Белуха.

*Происхождение.* Гипергенный, образуется в условиях выветривания рудных месторождений.

*Месторождения.* Известен в ряде месторождений Казахстана, местами в значительных количествах.

## ХЛОРИДЫ

### БЕЗВОДНЫЕ ХЛОРИДЫ

#### Простые безводные хлориды

##### ГРУППА НАШАТЫРЯ — ГАЛИТА

#### 434. Нашатырь $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Куб. с. Налеты и корочки.

Цвет белый, желтоватый. Тв. 1,5—2. Уд. в. 1,528. Вкус соленый и жгучий. При нагревании улетучивается, не плавясь. При нагревании с содой в закрытой трубке дает сильный запах аммиака. Легко растворяется в воде.

*Происхождение.* Возгоны, образующиеся в связи с вулканической деятельностью и при подземных пожарах пластов каменного угля; продукт гниения органических веществ; выцветы почв.

*Спутники.* Сера, квасцы, селитра.

*Месторождения.* Известен в горе Кантаг по р. Ягнобу, Таджикская ССР, где он оседает в трещинах и на стенках пещер из паров, образующихся на глубине в результате каменноугольного пожара; вместе с нашатырем отлагается сера.

*Значение.* Используется в кожевенном производстве, красочном деле, при лужении и паянии металлов, в химической промышленности.

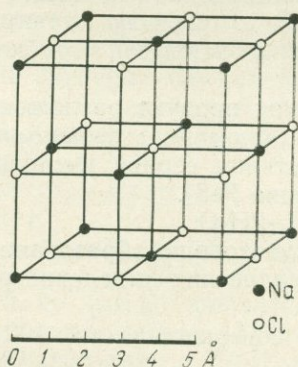


Рис. 212. Структура галита

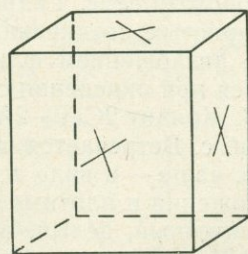


Рис. 213. Фигуры удара на кристалле сильвина

435. Галит (каменная соль)  $\text{NaCl}$ . Тв. 2,5. Уд. в. 2,164.

436. Сильвин  $\text{KCl}$ . Тв. 2. Уд. в. 2.

Галит и сальвин куб. с., вид симм.  $3L^4L^36L^29PC$ . Образуют сплошные зернистые массы, налеты, корочки, иногда жилковатые агрегаты (галит).

Кристаллические структуры галита и сальвина одинаковы (рис. 212).

Бесцветные или белые; бывают также окрашены примесями в серый, желтоватый или розово-красный цвет.

Перед п. тр. на угле плавятся, при сильном накаливании обращаются в пары. Легко растворяются в воде.

*Различия.* По вкусу: галит — соленый, сильвин — горько-соленый. По фигурам травления и удара на гранях куба: у галита положение фигур симметричное к диагоналям и ребрам куба, у сильвина — косое (рис. 213).

*Происхождение.* Химические осадки морей и озер, выцветы почв и в небольшом количестве возгоны вулканов. В месторождениях солей галит встречается начиная с нижних горизонтов; он обычно следует за ангидритом или чередуется с ним. Для сильвина характерно нахождение в верхних частях залежи вместе с наиболее легко растворимыми соединениями — карналлитом, эпсомитом. Нормальное чередование слоев снизу вверх: гипс, ангидрит, галит; далее в сопровождении галита — полигалит, кизерит, эпсомит, сильвин, карналлит.

Пласты каменной соли и других солей способны переходить под давлением в пластическое состояние и выпучиваться с образованием так называемых соляных куполов иногда огромной мощности, с разрывом вмещающих пород.

*Спутники.* Все вышеперечисленные минералы соляных месторождений, некоторые бораты, например борацит, и др.

*Месторождения.* В СССР: Соликамское — крупнейшее в мире по запасам калиевых солей, отличается галоидным типом солей; Артемовское, в Донбассе — калиевых солей нет; Илецкое в Оренбургской области — типа соляного купола; соляные озера Эльтон, Баскунчак. За границей: Стассфуртское в ГДР — крупнейшее калиевое месторождение сульфатного типа (в отличие от Соликамского, хлористого типа). В США соляной район приурочен к штатам Канзас, Новая Мексика, Техас и Оклахома, где он занимает площадь свыше 300 000 км<sup>2</sup>.

Все важнейшие перечисленные месторождения пермского возраста.

*Значение.* Галит — пищевой продукт и основное сырье химической промышленности. Сильвин — важнейший источник калия.

#### ГРУППА КЕРАРГИРИТА

**437. Кераргирит** (роговое серебро)  $\text{AgCl}$  (Ag 75,3; Cl 24,7); иногда содержит Hg.

Куб. с. Обыкновенно встречается в виде корочек.

Цвет бурый. Тв. 1—1,5. Ковкий. Режется ножом. Уд. в. 5,5. Сп. нет.

П. п. тр. легко плавится. На угле дает королек металлического серебра. Будучи прибавлен к перлу фосфорной соли, насыщенному медью, вызывает окраску окислительного пламени в интенсивный лазурно-голубой цвет. Кусочек кераргирита, смоченный на цинковой пластинке каплей воды, вспучивается, чернеет и полностью восстанавливается до металлического серебра, которое приобретает металлический блеск, если потереть его пальцами. Нерастворим в азотной кислоте, но растворяется в аммиаке.

*Происхождение.* Гипергенный, образуется в зоне окисления месторождений серебра.

*Спутники.* Минералы серебра и меди, кальцит, барит и др.

*Месторождения.* В СССР: Змеиногорский, Черепановский и Саларский рудники на Алтае. За границей: Фрейберг и Андреасберг в ГДР; Атакама, Чили и многочисленные месторождения Мексики.

438. Эмболит  $\text{Ag}(\text{Cl}, \text{Br})$ , отношение между Cl и Br колеблется в больших пределах.

По внешним признакам напоминает кераргирит, но цвет зеленый разных оттенков, при этом больше брома содержат более зеленые разновидности. При нагревании в закрытой трубке с бисульфатом калия выделяет бурые пары брома.

439. Бромирит  $\text{AgBr}$  (Ag 57,4; Br 42,6).

От кераргирита отличается большей твердостью (2—3) и более светлым цветом — от светло-желтого до травяно-зеленого. Ковкий и режется ножом подобно кераргириту, но на угле п. п. тр. и в закрытой трубке с  $\text{KHSO}_4$  выделяет бурые пары брома. Труднее растворяется в аммиаке. Редок.

*Спутники.* Кераргирит  $\text{Ag}_2\text{S}$ , церуссит  $\text{PbCO}_3$ , кальцит  $\text{CaCO}_3$ .

440. Иодирит  $\text{AgI}$  (Ag 46,0; I 54,0).

Гексагон, синг. Кристаллы гемиморфные; иногда массивный.

Цвет лимонно-желтый или желтовато-зеленый. При нагревании в закрытой трубке плавится и становится оранжевым, при охлаждении желтеет. Сплавленный с  $\text{KHSO}_4$  выделяет фиолетовые пары иода. В остальном подобен кераргириту и бромириту.

*Спутники.* Иодобромит  $2\text{AgCl} \cdot 2\text{AgBr} \cdot \text{AgI}$ , ванадинит  $\text{Pb}_5\text{Cl}[\text{VO}_4]_3$ , деклуазит  $\text{Pb}(\text{Zn}, \text{Cu})(\text{OH})[\text{VO}_4]$ .

#### ГРУППА КАЛОМЕЛИ—КОТУННИТА

441. Каломель  $\text{HgCl}$  (Hg 85,0; Cl 15,0).

Тетр. с. Мелкие пирамидальные кристаллы и корочки.

Цвет серовато- и желтовато-белый. Блеск алмазный. Тв. 1. Уд. в. 6,4—6,5. При нагревании в закрытой трубке возгоняется, с содой при прокаливании дает металлическую ртуть. На угле улетучивается без остатка.

*Происхождение.* Минерал редкий; поверхностный.

*Спутники.* Киноварь  $\text{HgS}$ , самородная ртуть.

442. Котунит  $\text{PbCl}_2$  (Pb 74,5; Cl 25,5).

Ромб. с. Мелкие игольчатые кристаллы и полукристаллические массы.

Цвет белый, желтый. Блеск алмазный или перламутровый. Тв. 2. Уд. в. 5,24.

На угле легко плавится. В восстановительном конусе пл. п. тр. исчезает, окрашивая пламя в голубой цвет. С перлом фосфорной соли, насыщенным окисью меди, дает реакцию на Cl (лазуревый цвет пламени). Растворяется в воде.

*Происхождение.* Минерал редкий. Возгон вулканов и вторичный продукт в зоне окисления свинцовых месторождений.

#### Сложные безводные хлориды

Минералы этого ряда свойственны зоне окисления рудных месторождений и отчасти являются возгонами вулканов. Сюда относится много медных, свинцово-медных и свинцовых соединений, из которых

ниже описаны только наиболее типичные. В общем минералы редкие.

**443. Атакамит**  $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$  ( $\text{CuCl}_2$  31,5;  $\text{CuO}$  55,8;  $\text{H}_2\text{O}$  12,7).

Ромб. с., вид симм.  $3L^23PC$ . Кристаллы обыкновенно мелкие, призматические и таблитчатые по грани (010), с грубыми вертикальными штрихами (рис. 214); кроме того, сплошные зернистые, почковидные и песчанистого вида образования.

Цвет луково- или изумрудно-зеленый до темно-зеленого. Тв. 3—3,5. Уд. в. 3,75—3,77. Сп. совершенная по (010).

В закрытой трубке при нагревании выделяет много воды и образует серый налет. П. п. тр. на угле плавится, окрашивая пламя в лазуревый цвет. Легко растворяется в кислотах.

*Происхождение.* Один из довольно широко распространенных хлористых медных минералов в зоне окисления; часто переходит в малахит. Иногда обнаруживается в лавах.

*Спутники.* Куприт  $\text{Cu}_2\text{O}$ , малахит  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$  самородная медь, гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

*Месторождения.* В СССР: Турьинский рудник на Урале. За границей: в Боливии и Южной Австралии, иногда в значительном количестве.

**444. Мендипит**  $\text{PbCl}_2 \cdot 2\text{PbO}$  ( $\text{Pb}$  85,8;  $\text{O}$  4,4;  $\text{Cl}$  9,8 или  $\text{PbCl}_2$  38,4;  $\text{PbO}$  61,6).

Ромб. с. Волокнистые, столбчатые и радиально-лучистые агрегаты.

Цвет белый с желтым, красноватым или синим оттенком. Блеск перламутровый до алмазного. Тв. 2,5—3. Уд. в. 7,0—7,2. Сп. совершенная.

В закрытой трубке при нагревании растрескивается и становится желтым. С перлом фосфорной соли, насыщенным окисью меди, реагирует на хлор (лазуревый цвет пламени).

Минерал редкий, образуется в зоне окисления свинцовых месторождений.

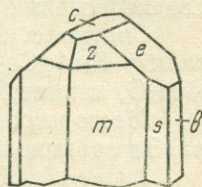


Рис. 214. Атакамит:  
 $b(010)$ ,  
 $c(001)$ ,  $m(110)$ ,  
 $s(120)$ ,  $e(011)$ ,  
 $z(331)$

## ВОДНЫЕ ХЛОРИДЫ

### Простые водные хлориды

**445. Гидрогалит**  $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{NaCl}$  56,5;  $\text{H}_2\text{O}$  43,5).

«Сезонный» минерал. Встречается в качестве осадка соляных озер, выделяющегося при температуре от 0 до  $21,2^\circ$ ; образует друзы кристаллов мон. с. При температурах еще более низких кристаллы гидрогалита обрастают эвтектикой гидрогалита и льда, т. е. представляют собой уже смесь этих двух минералов — так называемый криогалит.

Бесцветен и прозрачен. Тв. 2,5—3. Уд. в. 1,59 (при температуре  $-17^\circ$ ). На воздухе при температуре  $>0^\circ$  расплывается. Описан проф. Дравертом из Кимпендэйских соляных ключей в Якутии и Николаевским — из Баскунчакского соляного озера.

**446. Бишофит**  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Mg}$  11,8;  $\text{Cl}$  35,0;  $\text{H}_2\text{O}$  53,2).

Мон. с. Зернисто-кристаллический или жилковатый.

Бесцветный до белого. Тв. 1—2. Уд. в. 1,65. Очень легко растворяется в холодной воде (10 частей на 6 частей воды).

*Спутники.* Галит с карналлитом и кизерит в Леопольдсгалле, близ Стассфурта.

**447. Карналлит**  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$  (K 14,1; Mg 8,7; Cl 38,2;  $H_2O$  39,0).

Ромб. с. Сплошные зернистые массы.

Цвет молочно-белый, часто красноватый от включений мельчайших чешуек гематита. Тв. 1. Уд. в. 1,6. Легко растворяется в воде и расплывается на влажном воздухе.

*Происхождение.* Типичный химический морской осадок. Характерен для верхних горизонтов соляных месторождений как продукт последних стадий усыхания морского бассейна.

*Спутники.* Гипс  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , ангидрит  $CaSO_4$ , галит  $NaCl$ , полигалит  $K_2MgCa_2[SO_4]_4 \cdot 2H_2O$ , кизерит  $MgSO_4 \cdot H_2O$ , эпсомит  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , каинит  $MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$ , сильвин  $KCl$ .

*Месторождения.* В СССР: Соликамское на западном склоне Урала. За границей: Стассфуртское в ГДР.

*Значение.* Важнейшая руда на калий и магний в основной химической промышленности.

**448. Тахидрит**  $2MgCl_2 \cdot CaCl_2 \cdot 12H_2O$  (Mg 9,3; Ca 7,7; Cl 41,1;  $H_2O$  41,9).

Триг. с. Шаровидные скопления в ангидритах.

Цвет восково- или медово-желтый. Тв. 2. Уд. в. 1,66. Легко расплывается на воздухе.

*Происхождение.* Один из второстепенных минералов соляных месторождений. Известен в Стассфурте (ГДР).

#### Сложные водные хлориды

**449. Таллингит**  $CuCl_2 \cdot 4Cu(OH)_2 \cdot 4H_2O$  (?) (Cu 10,1; CuO 53,6; Cl 11,3;  $H_2O$  25,0).

Скрытокристаллический, в виде корок, состоящих из шариков.

Цвет синий. Тв. 3. Уд. в. предположительно 3,5. П. п. тр. окрашивает пламя в лазуревый цвет.

*Происхождение.* Очень редок. Гипергенный — известен в руднике Боталлак, в Корнуэлле, Англия.

## **ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ**

Предлагаемый определитель построен на легко наблюдаемых внешних признаках минералов. От других подобных определителей он отличается тем, что в нем в качестве основных признаков приняты не только цвет, блеск, твердость, но также форма выделения минералов в природе (порошковатость, волокнистость, натечность и т.п.) и реакция на вкус, по которой минералы разделяются на растворимые и не растворимые в воде.

Все минералы по твердости делятся на две группы: с твердостью больше 5 и меньше 5. Опыт показывает, что эту границу твердости легко удастся установить при помощи ножа или кусочка стекла.

Известно, что не все минералы макроскопически определяются одинаково легко. Среди силикатов часто встречаются минералы, определение которых затруднительно, даже если применять химические испытания. Поэтому контроль макроскопического определения, осуществляемый при помощи реакций, указанных для каждого минерала в описательной части, является желательным.

При работе с этим определителем необходимо пользоваться описательной частью. Она существенно дополняет краткую характеристику минералов, данную в таблицах определителя, позволяя точнее установить определяемый минерал. В частности, необходимо обращать внимание на генетические признаки минералов (условия нахождения в природе, парагенезис и т.п.), которые не вошли в схему определителя, но которым в описательной части уделено большое внимание.

Цифры, взятые в скобки при названии минералов в таблицах этого определителя, означают порядковые номера минералов в описательной части.

### **СХЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ**

Минералы с металлическим блеском

I. Жидкие, стр. 231.

II. Порошковатые, стр. 231.

III. Игольчатые, волосовидные и жилковатого сложения, стр. 231.

IV. Иного вида.

1. Цвет минерала железно-черный, стр. 232.

2. Цвет минерала стально-серый до серебриано-белого, стр. 232.

3. Цвет минерала от золотистого и соломенно-желтого до медно-красного, стр. 234.

Минералы без металлического блеска; тв. 1—5

I. Аморфные, скрытокристаллические и в виде натеков и корочек.

A. Не растворяются в воде, стр. 235.

B. Растворяются в воде, стр. 236.

II. Порошковатые.

A. Не растворяются в воде.

1. Цвет минерала буровато-черный, стр. 237.

2. Цвет минерала красный разных оттенков до вишнево-красного и розовый, стр. 237.

3. Цвет минерала желтый и зеленовато-желтый, стр. 237.

4. Цвет минерала зеленый, стр. 238.

5. Цвет минерала синий, стр. 238.

6. Цвет минерала белый; иногда бесцветен, стр. 238.

B. Растворяются в воде, стр. 239.

III. Жилковатого или волокнистого сложения.

A. Не растворяются или плохо растворяются в воде, стр. 239.

B. Легко растворяются в воде, стр. 240.

IV. Иного вида.

A. Цвет черты красный до оранжево-желтого, стр. 240.

B. Цвет черты иной.

1. Цвет минерала красный, коричнево-красный, розовый, стр. 241.

2. Цвет минерала красновато-бурый, бурый до черного, стр. 241.

3. Цвет минерала желтый разных оттенков, стр. 243.

4. Цвет минерала изумрудно-зеленый, темно-зеленый и других оттенков зеленого цвета, стр. 243.

5. Цвет минерала голубой, синий, стр. 244.

6. Цвет минерала фиолетовый, стр. 245.

7. Цвет минералов белый, серый; бесцветные.

а) Не растворяются или плохо растворяются в воде, стр. 245.

б) Легко растворяются в воде, стр. 248.

Минералы без металлического блеска;

тв. больше 5

I. Аморфные, скрытокристаллические или в виде натечных и сфероидальных форм, стр. 249.

II. В виде кристаллов или зернистых масс.

1. Цвет минерала черный, зеленовато-черный, буровато-черный или темно-бурый, стр. 249.

2. Цвет минерала красный или розовый, стр. 251.

3. Цвет минерала желтый или желтовато-зеленый, стр. 252.

4. Цвет минерала бурый, красновато-бурый, дымчатый, стр. 252.

5. Цвет минерала зеленый—от бледно-зеленого до темно-зеленого, стр. 253.
6. Цвет минерала синий, голубой, стр. 254.
7. Цвет минерала серый (иногда иризирует), стр. 255.
8. Цвет минерала белый; иногда бесцветен
  - а) Кристаллы хорошо образованы, различается сингония. Кубическая сингония, стр. 255. Тетрагональная сингония, стр. 256. Гексагональная или тригональная сингония, стр. 256. Ромбическая сингония, стр. 256.
  - б) Кристаллы хорошо образованы, сингонию по виду кристаллов определить нельзя, стр. 256.
  - в) Сплошные зернистые массы и другие образования, стр. 256.

## ТАБЛИЦА МИНЕРАЛОВ

### Минералы с металлическим блеском

#### I. ЖИДКИЕ

**Ртуть (4) Hg.** Цвет серебряно-белый. Очень подвижные шарики и капельки. Медная монета при натирании амальгамируется, становится белой. Минерал редкий, встречается вместе с киноварью HgS.

**Амальгама золота (6) Au, Hg.** Цвет золотисто-желтый. Тонкие жидкие пленочки и капельки в пустотах и трещинках кварцевых жил. При прокаливании теряет ртуть, остается твердое золото. Минерал очень редкий. Встречается вместе с твердой золотой амальгамой и золотом; иногда в россыпях.

#### II. ПОРОШКОВАТЫЕ

**Пирролюзит (118) MnO<sub>2</sub>.** Цвет черный. Землистый, оолитовый, ма-рающий руки. Встречается среди осадочных пород и как продукт выветривания в зоне окисления месторождений.

**Тенорит (79) CuO.** Черный порошок. Встречается в зоне окисления месторождений меди.

**Мышьяк (10) As.** Черный порошок и налеты в связи с окислением мышьяковистых минералов. Улетучивается при нагревании.

#### III. ИГОЛЬЧАТЫЕ, ВОЛОСОВИДНЫЕ И ЖИЛКОВАТОГО СЛОЖЕНИЯ

**Пирролюзит (118) MnO<sub>2</sub>.** Тв. 2. Цвет железно-черный.

**Антимонит (55) Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.** Тв. 2. Цвет стально-серый, часто наблюдается пестрая яркая побежалость. Спайность совершенная по длине кристаллов. Грубая продольная и тонкая поперечная штриховка.

**Висмутин (56) Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.** Тв. 2. Цвет оловянно-белый. Спайность, как у антимонита. Отличается от антимонита несколько более светлым цветом.

**Айкинит (52) PbCuBiS<sub>3</sub>.** Тв. 2. Цвет свинцово-серый. Кристаллы часто одиночные, в кварце. При выветривании образуются псевдоморфозы висмутовой охры желтовато-зеленоватого цвета. Минерал редкий. Сходный минерал — линдстрёмит CuPbBi<sub>3</sub>S<sub>6</sub>.

**Серебро (2) Ag.** Тв. 2,5—3. Ковкое и гибкое. Цвет серебряно-белый. Встречается в волосовидных и ветвистых формах.

**Джемсонит (49)**  $Pb_2Sb_2S_5$ . Тв. 2—3. Цвет стально-серый до темно-го свинцово-серого. Черта серовато-черная. Тонкоигольчатые волосовидные очень хрупкие кристаллы; также плотноволокнистый.

**Буланжерит (50)**  $Pb_5Sb_4S_{11}$ . Тв. 3. Цвет черновато-свинцово-серый. Плотные волокнистого сложения массы. Волосовидные кристаллы, более гнущиеся и менее хрупкие, чем у джемсонита.

**Миллерит (71)**  $NiS$ . Тв. 3—3,5. Цвет бронзово-желтый. Редок.

#### IV. ИНОГО ВИДА

##### 1. Цвет минерала железно-черный

**Графит (8)** С. Тв. 1. Плотный, чешуйчатый. Пишет на бумаге (не смешивать с молибденитом!).

**Пиролозит (118)**  $MnO_2$ . Тв. 2. Радиальнолучистый, оолитовый.

**Стефанит (34)**  $Ag_5SbS_4$ . Тв. 2—2,5. В таблитчатых кристаллах и сплошной. Хрупкий. Не просвечивает даже в тонких осколках. Сп. совершенная.

**Полибазит (35)**  $(Ag, Cu)_{16}Sb_2S_{11}$ . Тв. 2—3. Кристаллы в виде тонких гексагональных табличек, сплошной и вкрапленный. В тонких осколках просвечивает вишнево-красным цветом (отличие от стефанита).

**Энарцит (26)**  $Cu_3AsS_4$ . Тв. 3. Цвет серовато-черный до железно-черного. Сплошной, зернистый, иногда в шестоватых агрегатах. Кристаллы редки.

**Халькозин (18)**  $Cu_2S$ . Тв. 2,5—3. Отчасти ковкий. Спайности нет. От сходного аргентита отличается меньшей ковкостью и тем, что не режется ножом.

**Магнетит (130)**  $FeFe_2O_4$ . Тв. 6. Сильно магнитен.

**Ильменит (134)**  $FeTiO_3$ . Тв. 6. Слабо магнитен или немагнитен.

**Псиломелан (120)**. Содержит  $MnO_2$ ,  $MnO$ ,  $BaO$ ,  $K_2O$ ,  $H_2O$  и др. Тв. 5—7. Натечные гроздевидные и почковидные формы, плотные массы.

##### 2. Цвет минерала стально-серый до серебряно-белого

**Графит (8)** С. Тв. 1. Цвет темный стально-серый. Плотный, чешуйчатый (не смешивать с молибденитом!).

**Молибденит (58)**  $MoS_2$ . Тв. 1. Цвет светлый стально-серый, с голубоватым оттенком. Спайность весьма совершенная.

**Тетрадимит (57)**  $Bi_2(Te, S)_3$ . Тв. 1,5—2. Цвет стально-серый. Блеск металлический. Сложение пластинчатое. Сп. весьма совершенная. Пластинки гибкие.

**Сильванит (37)**  $AuAgTe_4$ . Тв. 1,5—2. Дендритовидные сростки. Цвет стально-серый до серебристо-белого с желтоватым оттенком. Сп. совершенная. Хрупкий.

**Антимонит (55)**  $Sb_2S_3$ . Тв. 2. Цвет стально-серый. Игольчатые и призматические удлиненные кристаллы. Грубая продольная и тонкая поперечная штриховка. Сп. совершенная.

**Висмутин (56)**  $Bi_2S_3$ . Тв. 2. Цвет оловянно-белый. Напоминает антимонит.

**Айкинит (52)**  $PbCu \cdot BiS_3$ . Тв. 2. Цвет свинцово-серый. Удлиненные игольчатые кристаллы, кристаллические агрегаты, редко сплошные

массы. При выветривании разлагается с выделением висмутовой охры желтовато-зеленоватого цвета. Минерал редкий.

**Джемсонит (49)**  $Pb_2Sb_2S_5$ . Тв. 2—3. Цвет стально-серый до темного свинцово-серого. Черта серовато-черная. Тонкоигольчатые волосовидные кристаллы, плотноволокнистые и сплошные массы.

**Аргентит (27)**  $Ag_2S$ . Тв. 2,5. Цвет свинцово-серый. Ковкий, стругается ножом. Спайности нет (с аргентитом сходны редко встречающиеся ялпаит  $3Ag_2S \cdot Cu_2S$ , гессит  $Ag_2Te$ , петцит  $(Ag, Au)_2Te$ , но твердость их выше (2,5—3) и труднее режутся ножом).

**Галенит (47)**  $PbS$ . Тв. 2,5. Цвет свинцово-серый. Сп. совершенная по кубу. Образует кристаллы и сплошные зернисто-кристаллические массы.

**Халькозин (18)**  $Cu_2S$ . Тв. 2,5—3. Цвет свинцово-серый. Отчасти ковкий. Спайности нет. От сходного аргентита отличается значительно меньшей ковкостью и тем, что не режется ножом.

**Серебро (2)**  $Ag$ . Тв. 2,5—3. Цвет серебряно-белый. Тонкие пленки, корочки, сплошные и ветвистые массы; иногда крупные самородки.

**Бурнонит (51)**  $PbCuSbS_3$ . Тв. 2,5—3. Цвет стально-серый. Сплошной, зернистый. Характерные двойники.

**Буланжерит (50)**  $Pb_5Sb_4S_{11}$ . Тв. 2,5—3. Цвет черноватый, свинцово-серый. Плотные волокнистого сложения и лучистые агрегаты. Напоминает антимонит, от которого отличается несколько более светлым цветом и обычно резко выраженным волокнистым сложением.

**Энарцит (26)**  $Cu_3AsS_4$ . Тв. 3. Цвет серовато-черный. Сплошной, зернистый, иногда в шестоватых агрегатах. Кристаллы редки.

**Серебряная амальгама (5)**  $(Ag, Hg)$ . Тв. 3—3,5. Цвет и черта серебряно-белые. Блеск сильный металлический. Кристаллы сложные, куб. с. Минерал очень редкий.

**Мышьяк (10)**  $As$ . Тв. 3—3,5. Тяжелый (уд. в. 5,7). Цвет оловянно-белый в свежем изломе, черный на выветрелой поверхности. Зернистый, сплошной; скорлуповатые наетки и корки. Кристаллы редки.

**Сурьма (11)**  $Sb$ . Тв. 3—3,5. Тяжелый (уд. в. 6,7). Цвет и черта оловянно-белые. Крупнокристаллические зернистые массы. Кристаллы редки.

**Тетраэдрит (25)**  $Cu_3(Sb, As)S_3$ . Тв. 3,5. Цвет стально-серый, зеленоватый, блеск тусклый. Спайности нет. Тетраэдры, мелкозернистые массы. Хрупкий. Легко выветривается.

**Станнин (44)**  $Cu_2FeSnS_4$ . Тв. 3,5. Цвет стально-серый, слегка желтоватый. Сплошной, зернистый, вкрапленный. Напоминает блеклую руду. Встречается в сульфидных кварцевых жилах. Редок.

**Дискразит (31)**  $Ag_3Sb$ . Тв. 3,5—4. Режется ножом. Очень тяжелый (уд. в. до 10). Цвет и черта серебряно-белые. Сплошной, зернистый и вкрапленный. Редок.

**Платина (15)**  $Pt$ . Тв. 4—4,5. Очень тяжелый (уд. в. до 19). Ковкий. Цвет серебряно-белый. Зерна в россыпях и мелкая вкрапленность в хромистом железняке.

**Псиломелан (120)**. Содержит  $MnO_2$ ,  $MnO$ ,  $BaO$ ,  $K_2O$ ,  $H_2O$  и др. Тв. 5—7. Натечные, гроздевидные и почковидные формы, плотные массы.

**Хлоантит (69)**  $NiAs_{3-2}$ . Тв. 5,5. Тяжелый (уд. в. до 7). Цвет оловянно-белый. Тонкозернистый и плотный, кристаллы редки. Часто сопровождается красным никелевым колчеданом (купферникелем, нике-

лином NiAs), а в выветрелых образцах — зелеными никелевыми цветами. При выбивании искр издает чесночный запах.

**Герсдорфит (68)** NiAsS. Тв. 5,5. Цвет серебрино-белый с серовато-черной побежалостью. От хлоантита отличается формой кристаллов: преобладают октаэдр и куб. На выветрелых образцах наблюдается аннабергит (зеленые никелевые цветы). При выбивании искр издает чесночный запах.

**Шмальтин (67)**. CoAsS. Тв. 5,5—6. Цвет оловянно-белый. Обычно мелкозернистый, сплошной. В выветрелых образцах сопровождается эритрином (розовыми кобальтовыми цветами). При выбивании искр издает чесночный запах.

**Арсенопирит (65)** FeAsS. Тв. 5,5—6. Цвет светло-серый до серебрино-белого. Сплошные кристаллические массы со стебельчатым видом зерен, часто отдельные кристаллы и друзы. При выбивании искр издает чесночный запах.

**Сперрилит (73)** PtAs<sub>2</sub>. Тв. 6—7. Очень тяжелый (уд. в. 10,6). Цвет оловянно-белый, черта черная. Мелкие кубы и кубоктаэдры. Встречается в россыпях.

3. Цвет минерала от золотистого  
и соломенно-желтого до медно-красного

**Штернбергит (29)** AgFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>. Тв. 1—1,5. Цвет томпаково-коричневый. Веерообразные агрегаты. Сп. весьма совершенная. В тонких листочках гибкий. Редок.

**Висмут (12)** Вi. Тв. 2,5. Ковкий. Очень тяжелый (уд. в. до 9,8). Цвет и черта серебрино-белые с красноватым оттенком.

**Медь (1)** Cu. Тв. 2,5—3. Ковкая. Цвет медно-красный. Корки, наетки, кристаллические сростки, желваки. Легко растворяется в HNO<sub>3</sub>.

**Золото (3)** Au. Тв. 2,5—3. Ковкое. Большой уд. в. (до 19). Цвет золотисто-желтый. Зерна, налеты, листочки, корочки, кристаллы, ветвистые и другие формы. Встречается в россыпях и кварцевых жилах. В HNO<sub>3</sub> не растворяется.

**Борнит (22)** Cu<sub>3</sub>FeS<sub>4</sub>. Тв. 3. Цвет томпаково-бурый; наблюдается пестрая побежалость. Сплошной, зернистый и вкрапленный. Спайности нет.

**Миллерит (71)** NiS. Тв. 3—3,5. Цвет латунно-желтый. Кристаллы игольчатые и волосовидные, а также радиальнолучистые агрегаты. Редок.

**Халькопирит (20)** CuFeS<sub>2</sub>. Тв. 3,5—4. Цвет латунно-желтый, часто с побежалостью. Цвет черты зеленовато-черный. Сп. нет (не смешивать с пиритом, от которого отличается меньшей твердостью).

**Пирротин (61)** Fe<sub>1-x</sub>S. Тв. 3,5—4. Магнитен. Цвет бронзово-желтый. Сплошной, зернистый и вкрапленный. Кристаллы редки. Спайности нет.

**Пентландит (73)** (Fe, Ni)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>. Тв. 3,5—4. Немагнитный. Цвет светлый бронзово-желтый (светлее пирротина, вместе с которым иногда встречается). Ясная спайность (в отличие от пирротина).

**Никелин (красный никелевый колчедан) (70)** NiAs. Тв. 5—5,5. Цвет светлый медно-красный. Сплошной мелкозернистый, кристаллы редки. В выветрелых образцах сопровождается зеленым налетом никелевых цветов Ni<sub>3</sub>[AsO<sub>4</sub>]<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O.

**Кобальтин (66)** CoAsS. Тв. 5,5. Цвет серебрино-белый с красноватым оттенком. Плотный зернистый и в виде кристаллов, напоминаю-

щих пирит. В выветрелых образцах часто сопровождается розовым налетом кобальтовых цветов  $\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .

**Пирит (62)**  $\text{FeS}_2$ . Тв. 6,5. Цвет светлый соломенно-желтый. Сплошные зернистые массы и кристаллы. Куб. с.: кубы, пентагондодокаэдры и другие формы (не смешивать с халькопиритом, у которого меньшая твердость!).

**Марказит (63)**  $\text{FeS}_2$ . Тв. 6,5. Цвет светлый бронзово-желтый. Желваки, копьевидные и гребенчатые сростки, кристаллические корочки. Легко выветривается.

### Минералы без металлического блеска, твердость от 1 до 5

#### 1. АМОРФНЫЕ, СКРЫТОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ И В ВИДЕ НАТЕКОВ И КОРОЧЕК

##### А. Не растворяются в воде

**Кераргирит (437)**  $\text{AgCl}$ . Тв. около 1,5. Ковкий. Легко режется ножом. Цвет бурый. Встречается в виде примазок и корочек.

**Арсенолит (102)**  $\text{As}_2\text{O}_3$ . Тв. 1,5. Бесцветен или белого цвета. Встречается в виде жилковатых корочек и мучнистых белых налетов как продукт разложения мышьяковистых минералов. Легко улетучивается при нагревании. Очень ядовит.

**Сера (13)**  $\text{S}$ . Тв. 1,5—2,5. Цвет бледно-желтый, иногда серовато-желтый. Легко плавится от спички и загорается.

**Хризоколла (256)**  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 2—4. Хрупкая, стекловидная. Цвет зеленый, голубовато-зеленый. Полупрозрачная, мутная. Не вскипает от  $\text{HCl}$ . Встречается в зоне окисления медных месторождений.

**Гидраргиллит (88)**  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Тв. 2,5—3,5. Цвет белый и серый. Встречается в виде корок на известняках, сопровождается каолином и иногда алунином.

**Серпентин (252)**  $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ . Тв. 2,5—4. Цвет желтовато-зеленый до темно-зеленого. Плотные скрытокристаллические массы. Встречается часто в основных породах с ромбическими пироксенами, хромистым железняком, асбестом; иногда в мраморах (офиокальцит).

**Питтицит (—)**. Водный сульфат-арсенат железа. Тв. 2—3. Уд. в. 2,5. Цвет желтовато- и красновато-бурый. Образует натёки и лимонитоподобные плотные массы с раковистым изломом. Характерен вместе со скородитом для окисленных зон арсенипиритовых месторождений. Внешне не отличим от лимонита.

**Ярозит (380)**  $\text{KFe}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$ . Тв. 2,5—3,5. Охряно-желтый. Образует плотные корочки и выполняет трещинки в рудных жилах в связи с окислением сернистых соединений железа. Кроме того, образует плотные тонкокристаллические желваки в зоне железной шляпы месторождений и в виде корочек и желтых налетов встречается в углестых сланцах.

**Вад (120)**. Водные окислы марганца, преимущественно  $\text{MnO}_2$ . Тв. не выше 3. Рыхлый. Ввиду пористости очень легкий. Цвет буровато-черный, до железно-черного. Черта буровато-черная.

**Галлуазит (261)**  $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Тв. до 3. Твердая и плотная разность каолина, содержащая повышенное количество воды. Цвет белый, желтый, бурый, серый, иногда синеватый. Гигроскопичен (липнет к языку).

**Гидромагнезит (330)**  $Mg_5(OH)_2[CO_3]_4 \cdot 4H_2O$ . Тв. около 3. Цвет снежно-белый. Мелоподобные корочки. Легко вскипает в HCl.

**Кальцит (306)**  $CaCO_3$ . Тв. 3. Шестовато- и лучистокристаллические натёки. Цвет белый, желтоватый, бурый и др. Легко вскипает в HCl. Сп. совершенная.

**Аллофан (270)**  $mAl_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot pH_2O$ . Тв. 3. Цвет голубоватый до бутылочно-зеленого. Стекловидный, прозрачный и мутный. Продукт разрушения алюмосиликатов. Встречается в углесодержащих пластах и в зоне выветривания.

**Арагонит (314)**  $CaCO_3$ . Тв. 3,5—4. Тонкокристаллические натёки, иногда оолитовые образования (гороховый камень). Сп. неясная. Цвет белый, серый, желтый и др. Легко вскипает в HCl.

**Малахит (318)**  $Cu_2(OH)_2[CO_3]$ . Тв. 3,5—4. Цвет зеленый. Непрозрачен. Плотные жилковатого сложения скорлуповатые натёки. Вскипает в HCl. Встречается в зоне окисления медных руд.

**Азурит (319)**  $Cu_3(OH)_2[CO_3]_2$ . Тв. 3,5—4. Цвет ярко-синий. Образует корочки, иногда хорошо окристаллизованные. Встречается в зоне окисления медных руд вместе с малахитом.

**Алунит (379)**  $KAl_3(OH)_6[SO_4]_2$ . Тв. 3,5—4. Плотный, каолиноподобный. Неигроскопичен. Встречается в вулканогенных породах и иногда в виде плотных желваков в глинах.

**Смитсонит (308)**  $ZnCO_3$ . Тв. 3,5—4,5. Цвет серый, зеленоватый и голубоватый. Вскипает в HCl в тонком порошке или при нагревании. Встречается в виде натёков и корок в зоне окисления цинковых месторождений.

**Псевдомалахит (—)**  $Cu_3(OH)_3[PO_4]$ . Тв. 4—5. Цвет ярко-зеленый. Черта бледно-зеленая. Натечные формы радиальноволокнистого сложения, напоминающие малахит. От малахита отличается тем, что не вскипает в HCl.

**Магнезит (307)**  $MgCO_3$ . Тв. до 4,5. Цвет белый. Плотные фарфоровидные массы. Встречается с серпентином как продукт его разрушения.

**Ловчоррит (197)** Фтортитаносиликат. Тв. 4,5—5. Аморфный, клеевидный. Цвет желто-бурый. Просвечивает. Встречается вместе с зеленым нефелином.

**Гидрогётит (лимонит) (124)**  $HFeO_2 \cdot nH_2O$ . Тв. до 5. Цвет бурый; на поверхности натёков почти черный. Черта желтовато-бурая. Кроме натёков образует желваки и плотные землистые массы.

**Бирюза (371)**  $CuAl_6(OH)_8[PO_4]_4 \cdot 4H_2O$ . Тв. 5. Цвет голубой и голубовато-зеленый до серовато-зеленого. Блеск тусклый. Аморфные образования в трещинках и пустотках пород.

#### Б. Растворяются в воде

**Борная кислота (сассолин) (84)**  $B(OH)_3$ . Тв. 1. Белые тонкочешуйчатые корочки и налеты в вулканических местностях. Чешуйки с перламутровым блеском. Жирная на ощупь. Вкус солоноватый и несколько горький.

**Нашатырь (434)**  $NH_4Cl$ . Тв. 1,5—2. Белые корки и выцветы солоноватого вкуса. Находится в трещинах и пустотах лав. Кроме того, образуется при подземных пожарах залежей каменного угля.

**Селитры (332, 333)**  $NaNO_3$  и  $KNO_3$ . Тв. 1,5—2. Цвет белый, желтоватый или бесцветные. Вкус охлаждающий. Дают вспышку при на-

каливании в смеси с порошком угля. Калиевая селитра менее гигроскопична и дает более сильную вспышку. Встречаются в виде выцветов.

**Галит (435)**  $\text{NaCl}$ . Тв. 2. Бесцветный, белый и серый. Вкус сильно соленый.

**Галотрихит (400)**  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{Al}_2[\text{SO}_4]_3 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 2. Цвет белый или желтоватый. Вкус кислый, вяжущий.

**Эпсомит (389)**  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 2. Бесцветный и белый. Вкус горький.

**Мелантерит (393)**  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 2. Цвет бутылочно-зеленый. Вкус металлический, вяжущий. Легко окисляется и переходит в землистую грязно-бурую массу.

**Гипс (388)**  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 2. Выцветы почв и др. Бесцветный или белый. В  $\text{HCl}$  не вскипает. В воде растворяется плохо.

**Сода (327)**  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Обычно несколько обезвожена. Тв. 2,5—3. Цвет белый. Вскипает в  $\text{HCl}$ . Встречается в выцветах почвы в смеси с другими карбонатами натрия.

**Халькантит (395)**  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 2,5. Цвет яркий голубой. Вкус неприятный, металлический, вяжущий. Железная проволока или гвоздь, опущенные в раствор халькантита, покрываются медью.

## II. ПОРОШКОВАТЫЕ

### A. Не растворяются в воде

#### 1. Цвет минерала буровато-черный

**Вад (120)**. Водный окисел марганца, преимущественно рыхлый, часто в натечных формах.

#### 2. Цвет минерала красный, разных оттенков до вишнево-красного и розовый

**Реальгар (53)**  $\text{As}_2\text{S}_3$ . Цвет оранжево-красный. Часто встречается вместе с аурипигментом.

**Кирпичная руда (78)**  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Цвет кирпично-красный. Встречается вместе с окисленными медными рудами.

**Красный железняк (121)**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Цвет темно-красный (вишнево-красный). Встречается в месторождениях железных руд.

**Эритрин (368)**  $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Цвет розовый. Встречается с мышьяковистыми кобальтовыми рудами в зоне окисления, иногда с магнетитом.

**Гуммит (177)**. Тонкая смесь различных урановых минералов. Содержит воду. Цвет оранжево-желтый или красновато-желтый. Сопровождает в качестве продукта выветривания урановую смолку. Радиоактивный, редкий.

#### 3. Цвет минерала желтый и зеленовато-желтый

**Аурипигмент (54)**  $\text{As}_2\text{S}_3$ . Цвет золотисто-желтый. Встречается вместе с реальгаром.

**Сера (13)**  $\text{S}$ . Цвет бледно-желтый, иногда серовато-желтый. Горит; при этом распространяется запах сернистого газа.

**Гидрогётит (лимонит) (124)**  $\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Цвет охряно-желтый. Порошковатые налеты и массы; часто переходит в желваки, плотные корки и натечи.

**Ярозит (380)**  $KFe_3(OH)_6[SiO_4]_2$ . Охряно-желтый. Представляет собой продукт окисления серного колчедана.

**Сурьмяная охра (105, 106)**. Состав неопределенный. Цвет грязно-желтый. Встречается в смеси с антимонитом в зоне окисления.

**Ферримолибдит (416)**  $Fe[MoO_4]_3 \cdot 7H_2O$ . Цвет желтовато-зеленый. Находится вместе с молибденитом и повеллитом в зоне окисления.

**Гринокиит (41)**  $CdS$ . Тонкие налеты и в виде земляных корок. Цвет желтый и оранжево-желтый. Обычно образуется по цинковой обманке.

**Бисмит (107)**  $Bi_2O_3$ . Цвет желтовато-зеленоватый. Встречается вместе с висмутовым блеском.

**Тюямунит (кальциевый карнотит) (366)**  $Ca(UO_2)_2[VO_4]_2 \cdot 8H_2O$ . Охристый и в виде тонких чешуйчатых кристаллов, срastaющихся пачками. Цвет желтовато-зеленоватый. Минерал радиоактивный. Редкий<sup>1</sup>.

**Тунгстит (109)**  $WO_3 \cdot H_2O$ , вероятно,  $WO_3 \cdot 2H_2O$  (меймакит). Цвет зеленовато-желтый. Встречается в связи с разрушением вольфрамовых минералов, особенно шеелита. Минерал редкий.

#### 4. Цвет минерала зеленый

**Малахит (318)**  $Cu_2(OH)_2[CO_3]$ . Вскипает в  $HCl$ . Встречается вместе с медными рудами в зоне окисления.

**Аннабергит (369)**  $Ni_3[AsO_4]_2 \cdot 8H_2O$ . Цвет бледно-зеленый до изумрудно-зеленого. Встречается в зоне окисления мышьяковистых никелевых руд.

**Ревдинскит (254)**  $Ni$  силикат. Яблочно-зеленый. Встречается со змеевиками в кремнистой породе.

**Прохлорит (245)**. Водный силикат  $Fe$  и  $Mg$ . Цвет темно-зеленый. Мелкочешуйчатый. Встречается в кварцевых жилах; в виде зеленого налета покрывает кристаллы кварца, адуляра и другие минералы.

**Глауконит (239)**. Водный алюмосиликат  $Fe$  и  $K$ . Цвет темно-зеленый. Встречается в песках, песчаниках, известняках.

**Антлерит (382)**  $Cu_3(OH)_4[SO_4]$ . Светло-зеленые порошокватые налеты и небольшие земляные скопления.

#### 5. Цвет минерала синий

**Азурит (319)**  $Cu_3(OH)_2[CO_3]_2$ . Цвет ярко-синий. Вскипает в  $HCl$ . Встречается в зоне окисления медных руд вместе с малахитом.

**Вивианит (367)**  $Fe_3[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$ . Цвет синий, иногда зеленовато-синий. Встречается в торфяных болотах.

#### 6. Цвет минерала белый, иногда бесцветен

**Каолинит (257)**  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$ . Жирный на ощупь. Гигроскопичен. При замешивании с водой образует пластичную массу.

**Накрит (259)**. Тонкокристаллическая порошокватая полиморфная разновидность каолинита, часто в жилах и пустотах с флюоритом.

**Серицит (231)**. Вторичная мелкокристаллическая калиевая слюда. Встречается в порошоквато-чешуйчатых и плотных массах. Входит в состав сланцев и измененных серицитизированных пород.

**Арсенолит (102)**  $As_2O_3$ . Тонкий порошок. Встречается в виде налетов и корочек в жильных месторождениях как продукт разложения

<sup>1</sup> Мелкочешуйчатые (порошковатые) минералы более или менее ярко желтовато-зеленоватого цвета, могут содержать ванадий, уран и радий.

мышьяковистых минералов. Легко улетучивается при нагревании. Очень ядовит. Редок.

**Скородит (370)**  $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Тонкий марающий руки порошок, иногда вместе с плотным землистым скородитом зеленоватого цвета. Продукт выветривания арсенопирита в зоне окисления.

**Алунит (379)**  $\text{KAl}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$ . Каолиноподобный. Сухой на ощупь. Негигроскопичен. Встречается в виде желваков в глинах. Сходны: алуминит  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , паралуминит и левигит.

**Гипс (388)**  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Выцветы почв. В  $\text{HCl}$  не вскипает.

**Мел (306)**  $\text{CaCO}_3$ . Вскипает в  $\text{HCl}$ . Негигроскопичен. Сухой на ощупь.

**Гидромагнетит (330)**  $\text{Mg}_5(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Цвет снежно-белый. Порошковатые землистые массы и корочки. Легко вскипает в  $\text{HCl}$ .

**Гидраргиллит (88)**  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Грубый на ощупь. Негигроскопичен. Кроме землистых порошковатых масс встречается в виде корок в карстовых пустотах известняков вместе с каолином и алунитом.

**Церуссит (317)**  $\text{PbCO}_3$ . Грубый на ощупь. Большой уд. в. — до 6,5. Встречается вместе с плотным церусситом в зоне окисления свинцовых месторождений.

### Б. Растворяются в воде

**Галит (435)**  $\text{NaCl}$ . Вкус сильно соленый.

**Тенардит (373)**  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Вкус солоноватый. Выцветы почв и в связи с выветриванием мирабилита.

**Мирабилит (384)**  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Вкус солоноватый. Выцветы почв и в связи с гидратацией тенардита.

**Нашатырь (434)**  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Белые налеты, корки, выцветы. Вкус солоноватый. Встречается в трещинах и пустотах лав; образуется при подземных пожарах каменного угля.

**Галотрихит (400)**  $\text{FeAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ . Вкус кислый, вяжущий.

**Эпсомит (389)**  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Вкус горький.

**Селитры (332, 333)**  $\text{NaNO}_3$  и  $\text{KNO}_3$ . Вкус охлаждающий. Дают вспышку при накаливании в смеси с порошком угля. Калиевая селитра менее гигроскопична и дает более сильную вспышку. Встречаются в виде выцветов.

**Сода (327)**  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Обычно несколько обезвожена. Встречается в виде выцветов с другими содовыми минералами. Вскипает в  $\text{HCl}$ .

**Гипс (388)**  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Выцветы в почвах. Безвкусный. В  $\text{HCl}$  не вскипает.

**Борная кислота (сассолин) (84)**  $\text{B}(\text{OH})_3$ . Тонкочешуйчатые налеты и корочки в вулканических местностях. Блеск перламутровый. Вкус кислотаватый и несколько горький.

### III. жилковатого или волокнистого сложения

#### А. Не растворяются в воде или плохо растворяются

**Арсенолит (102)**  $\text{As}_2\text{O}_3$ . Бесцветный или белого цвета. Встречается в виде корочек и прожилков в рудных месторождениях как продукт окисления мышьяковистых минералов. Сильный яд.

**Гипс (388)**  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 2. Легкий (уд. в. 2,3). Цвет белый, желтый, мясо-красный.

**Немалит (82)**  $Mg(OH)_2$ . Тв. 2. Волокна хрупкие. Цвет бледно-зеленоватый.

**Эритрин (368)**  $Co_3[AsO_4]_2 \cdot 8H_2O$ . Тв. 2,5. Цвет бледно-розовый.

**Аннабергит (369)**  $Ni_3[AsO_4]_2 \cdot 8H_2O$ . Цвет яркий изумрудно-зеленый. Встречается вместе с мышьяковистыми никелевыми рудами в зоне окисления.

**Целестин (376)**  $SrSO_4$ . Тв. 3,5. Уд. в. до 4. Цвет голубой. Образует прожилки небольшой мощности.

**Брошантит (381)**  $Cu_4(OH)_6[SO_4]$ . Тв. 3,5—4. Цвет изумрудно-зеленый до черновато-зеленого. Прожилки в зоне окисления медных месторождений.

**Асбест змеевиковый (хризотил-асбест) (253)**  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ . Цвет белый, серый, зеленоватый. Волокна мягкие, упругие. Встречается в виде прожилков в змеевиках.

**Асбест роговообманковый (223—225, 227)**. Цвет белый, серый, зеленоватый, синий и др. Волокна более хрупкие по сравнению со змеевиковым асбестом.

#### Б. Легко растворяются в воде

**Нашатырь (434)**  $NH_4Cl$ . Тв. 1,5—2. Выцветы и корки бесцветные и белого цвета, солоноватые на вкус. Встречаются в трещинах и пустотах лав, а также образуется при подземных пожарах каменного угля.

**Селитры (332, 333)**  $NaNO_3$  и  $KNO_3$ . Тв. 1,5—2. Выцветы. Бесцветные и белые. Вкус охлаждающий. Дает вспышку при накаливании в смеси с порошком угля. Калиевая селитра менее гигроскопична и дает более сильную вспышку.

**Галит (435)**  $NaCl$ . Тв. 2. Бесцветен, иногда мясо-красный, синий. Встречается в виде прожилков в соляных месторождениях.

**Эпсомит (389)**  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ . Тв. 2. Бесцветный или белый. Выцветы, иногда длиноволокнистые образования. Волокна хрупкие. Вкус горький.

**Галотрихит (400)**  $FeAl_2[SO_4] \cdot 22H_2O$ . Тв. 2. Цвет белый или желтоватый. Вкус кислый, вяжущий. Выцветы и корки в связи с процессами окисления.

**Полигалит (387)**  $Ca_2MgK_2[SO_4]_4 \cdot 2H_2O$ . Тв. 2,5—3. Цвет мясо-красный от механической примеси окиси железа. Прожилки в соляных месторождениях.

#### IV. ИНОГО ВИДА

##### А. Цвет черты красный до оранжево-желтого

**Кермезит (75)**  $Sb_2S_2O$ . Тв. 1—1,5. Радиальнолучистые скопления тонких игольчатых кристаллов. Блеск алмазный до металловидного. Цвет темно-красный. Встречается вместе с антимонитом.

**Реальгар (53)**  $AsS$ . Тв. 1,5—2. Цвет оранжево-красный. Встречается вместе с аурипигментом, мышьяком и сурьмяным блеском.

**Киноварь (42)**  $HgS$ . Тв. 2—2,5. Тяжелая (уд. в. 8). Цвет темно-красный. Встречается вместе с сурьмяным блеском.

**Пираргирит (33)**  $Ag_3SbS_3$ . Тв. 2,5. Блеск металловидный. Цвет темный. Просвечивает красным цветом в тонких осколках. Цвет порошка красный. Хрупкий. Сп. нет.

**Прустит (32)**  $Ag_3AsS_3$ . Тв. 2,5. Блеск металлический. Цвет светло-красный. Просвечивает даже в крупных кристаллах. Хрупкий. Сп. нет.

**Крокоит (410)**  $PbCrO_4$ . Тв. 3. Цвет красный. Просвечивает. Кристаллы удлиненные. Встречается вместе со свинцовым блеском и пироморфитом в кварцевых жилах, в зоне окисления. Минерал редкий.

**Куприт (78)**  $Cu_2O$ . Тв. 3,5—4. Цвет в порошке красный. Блеск полуметаллический. Сп. ясная. Встречается в виде октаэдров и сплошных кристаллических масс вместе с другими минералами меди.

**Цинкит (83)**  $ZnO$ . Тв. 4. Цвет темно-красный, иногда оранжево-желтый (окраска от примеси марганца). Черта оранжево-желтая. Сп. совершенная. Хрупок. Прозрачный до просвечивающего по краям.

#### Б. Цвет черты иной

##### 1. Цвет минерала красный, кирпично-красный, розовый

**Карналлит (447)**  $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ . Тв. 1. Цвет красноватый до мясо-красного от мельчайших включений гематита. Легко расплывается на влажном воздухе. Встречается в месторождениях каменной соли.

**Галит (435)**  $NaCl$ . Тв. 2. Крупнокристаллический, сплошные зернистые массы. Сп. совершенная по кубу. Легко растворяется в воде. Вкус соленый.

**Гипс (388)**  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . Тв. 2. Легкий (уд. в. 2,3). Зернистые массы.

**Барит (377)**  $BaSO_4$ . Тв. 2,5. Тяжелый (уд. в. 4,6). Пластинчатые кристаллы и сплошные массы зернистого, чешуйчатого и перистого сложения.

**Родохрозит (309)**  $MnCO_3$ . Тв. 3,5—4,5. Сп. совершенная. Цвет розовато-красный, темно-красный, коричневый. Черта белая. Просвечивает. Вскипает в  $HCl$ . Встречается в сплошных зернистых массах и в виде корочек и натеков.

**Маргарит (240)**  $CaAl_2(OH)_2[Al_2Si_2O_{10}]$ . Тв. 3,5—4,5. Цвет бледно-розовый. Сп. весьма совершенная. Блеск перламутровый. Листочки хрупкие. Минерал слюдоподобный.

**Литиофилит (346)**  $Li(Mn, Fe)[PO_4]$ . Тв. 4,5—5. Цвет розоватый, желтоватый и бурый. Сп. средняя. Встречается в виде крупнокристаллических выделений в пегматитовых жилах.

**Триплит (353)**  $(Mn, Fe)_2F[PO_4]$ . Тв. 4,5—5. Цвет розовый до красного. Черта белая. Блеск жирный. Сп. довольно совершенная. Встречается в пегматитовых и кварцево-полевошпатовых жилах с гюбнеритом.

**Гейландит (303)**  $(Na_2, Ca, Sr)[Al_2Si_6O_{16}] \cdot 5H_2O$ . Тв. 5. Цеолит. Тонкие пластинчатые кристаллы в пустотах и трещинах лавы.

##### 2. Цвет минерала красновато-бурый, бурый до черного

**Биотит (233)**. Магнезиально-железистая слюда. Тв. 2. Цвет черный. Сп. весьма совершенная в одном направлении. Листочки упругие.

**Флогопит (232)**. Магнезиальная слюда. Тв. 2. Цвет бурый.

**Лампрофиллит (198)**  $SrNa_3Ti_3O_2F[Si_2O_7]$ . Тв. 2—3. Цвет золотисто-бурый и темно-бурый. Блеск сильный, перламутровый. Сп. совершенная. Тонкие листочки, отщепленные по спайности, хрупкие. Встречается

в виде пластинчатых удлинённых кристаллов, иногда срастающихся в лучистые агрегаты. По внешнему виду и свойствам очень напоминает астронилит.

**Вульфенит (415)**  $PbMoO_4$ . Тв. 3. Цвет красновато-бурый. Кристаллы таблитчатые; часто хрупкие тонкие пластинки или квадратные дипирамиды. Блеск жирный. Вторичный продукт в зоне окисления свинцовых месторождений.

**Сфалерит (39)**  $ZnS$ . Тв. 3,5—4. Цвет бурый до черного. Черта от светло-желтой до темно-бурой. Блеск алмазный. Сп. весьма совершенная во многих направлениях (не смешивать с вольфрамитом!).

**Сидерит (310)**  $FeCO_3$ . Тв. 3,5—4. Цвет от светло-бурого до темно-бурого. Сп. совершенная. Кристаллы—ромбэдры и зернистые массы. Вскипает при нагревании в  $HCl$ .

**Пироморфит (355)**  $Pb_3Cl[PO_4]_3$ . Тв. 3,5—4. Цвет бурый (чаще зеленый). Образует корочки из кристаллов в виде столбчатых гексагональных призм. Встречается как вторичный продукт в зоне окисления свинцовых месторождений.

**Ванадинит (357)**  $Pb_5Cl[VO_4]_3$ . Тв. 3,5—4. Цвет бурый до оранжево-красного. Кристаллы гексагонально-призматические и игольчатые, иногда тонкоигольчатые, волосовидные. Крупные кристаллы, нередко полые. Чаще землистые массы. Встречаются в зоне окисления свинцовых месторождений.

**Манганит (119)**  $Mn^{IV}O_2(OH)_2$ . Тв. 4. Цвет черный, блеск металлоидный. Цвет черты бурый. Кристаллы столбчатые, грубо истрихованные вдоль; иногда натечные, плотные и землистые массы.

**Ксенотим (348)**  $YPO_4$ . Тв. 4—5. Цвет светло-бурый, красновато- и желтовато-бурый до мясо-красного. Непрозрачен. Сп. совершенная. Встречается в виде квадратно-призматических или пирамидальных кристаллов, вросших в породу. По внешнему виду кристаллов напоминает циркон. Минерал редкий.

**Шеелит (418)**  $CaWO_4$ . Тв. 4,5. Тяжелый (уд. в. 6). Цвет бурый (часто белый, прозрачный). Сп. довольно совершенная. Блеск жирный. Кристаллы в виде квадратных дипирамид; зерна и сплошные массы. Встречается в кварцевых жилах, скарновых породах и россыпях.

**Литиофилит (346)**  $Li(Mn, Fe)[PO_4]$ . Тв. 4,5—5. Цвет желтовато-бурый. Сп. ясная. Крупнокристаллические выделения в пегматитовых жилах.

**Триплит (353)**  $(Mn, Fe)_2F[PO_4]$ . Тв. 4,5—5. Цвет темно-бурый. Черта желтовато-серая или бурая. Блеск жирный. Сп. довольно совершенная. Встречается в виде крупнозернистых выделений и отдельных кристаллов внутри породы (в пегматитовых жилах).

**Диаллаг (213)**. Разновидность авгита. Тв. около 5, обычно меньше вследствие выветривания. Цвет серый, бурый, желтоватый. Блеск перламутровый, иногда металлоидный. Характерна отдельность по (100).

**Вольфрамит (421, 422)**  $(Fe, Mn)WO_4$ . Тв. около 5. Уд. в. 7,5. Цвет коричнево-бурый до железно-черного. Черта красновато-бурая для вольфрамитов и светло-желтая для гюбнерита. Сп. совершенная в одном направлении. Находится в кварцевых жилах и в россыпях (не смешивать с цинковой обманкой!).

**Титанит (183)**  $CaTiO[SiO_4]$ . Тв. 5. Цвет бурый, коричнево-бурый. Кристаллы плоские, острые, клиновидные (рис. 124). Ромбовидное поперечное сечение.

**Пироклор (139)**. Содержит Nb, Ti, Th, Ce, Ca и др. Тв. 5. Цвет темно-бурый. Кристаллы в виде октаэдров. Излом раковистый. Встречается в щелочных породах, сиенитовых пегматитах, карбонатитах.

3. Цвет минерала желтый разных оттенков

**Аурипигмент (54)**  $As_2S_3$ . Тв. 1,5—2. Цвет золотисто-желтый. Сп. весьма совершенная в одном направлении. Листочки гибкие. Встречается вместе с реальгаром.

**Сера (13)** S. Тв. 2. Цвет светло-желтый до красновато-желтого. Сп. нет. Хрупкая. Легко плавится и зажигается от спички; при этом распространяется запах сернистого газа.

**Отунит (363)**  $Ca(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$ . Тв. 2. Цвет желтый. Тонкие листочки, чешуйки. Радиоактивен.

**Тюямунит** (кальциевый карнотит) **(366)**  $Ca(UO_2)_2[VO_4]_2 \cdot 8H_2O$ . Цвет зеленовато-желтый. Тонкие чешуйчатые кристаллы; срastaющиеся пачками. Радиоактивен.

**Вульфенит (415)**  $PbMoO_4$ . Тв. 3. Цвет светло-желтый и красновато-бурый. Кристаллы таблитчатые (хрупкие тонкие пластинки) или квадратные дипирамиды. Блеск жирный. Вторичный продукт в зоне окисления свинцовых месторождений.

**Астрофиллит (199)**. Сложный титаносиликат. Тв. 3. Цвет бронзовый до золотисто-желтого и зеленовато-желтого. Блеск сильный перламутровый. Сп. весьма совершенная. Тонкие пластинки, отщепленные от спайности, хрупкие. Встречается в виде пластинчатых удлинённых кристаллов, иногда срastaющихся в лучистые группы. Напоминает лампрофиллит.

**Вавеллит (372)**  $Al_3(OH)_3[PO_4]_2 \cdot 5H_2O$ . Тв. 3—4. Цвет желтоватый, иногда почти белый или зеленоватый. Шаровидные радиальнолучистые агрегаты с друзовидной поверхностью.

**Ванадинит (357)**  $Pb_5Cl[VO_4]_3$ . Тв. 3,5—4. Цвет от оранжево-желтого до чисто желтого. Гексагональные призмы и игольчатые кристаллы, иногда тонкоигольчатые, волосовидные. Крупные кристаллы нередко полые. Встречается в зоне окисления свинцовых месторождений.

**Миметезит (356)**  $Pb_5Cl[AsO_4]_3$ . Тв. 3,5—4. Цвет желтый. Коротко-столбчатые кристаллы, а также розетковидные и почковидные группы.

**Сфалерит (39)**  $ZnS$ . Тв. 3,5—4. Оранжево-красноватый до цвета канифоли. Просвечивает. Сп. весьма совершенная во многих направлениях. Блеск сильный, алмазный. Спутник свинцового блеска.

4. Цвет минерала изумрудно-зеленый, темно-зеленый и других оттенков зеленого цвета

**Тальк (228)**  $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$ . Тв. 1. Жирный на ощупь. Цвет яблочно-зеленый. Сп. весьма совершенная в одном направлении. Листочки гибкие; при сгибании слышится скрип.

**Пирофиллит (229)**  $Al_2(OH)_2[Si_4O_{10}]$ . Тв. 1. Жирный на ощупь, напоминает тальк. Цвет яблочно-зеленый. Сп. совершенная. Листочки гибкие. Звездчатые образования, сферолиты.

**Серицит (231)**. Мелкокристаллическая слюда. Тв. 1,5. Цвет светло-зеленоватый. Встречается в виде сплошных плотных масс. Образуется по полевоому шпату.

**Жильбертит (231)**. Мелкокристаллическая калиевая слюда. Тв. 1,5. Цвет светло-зеленый. Встречается в виде тонких оторочек, про-

жилков и плотных скоплений в рудных жильных месторождениях; сопровождается часто плавиковым шпатом.

**Хлорит (243—245).** Тв. 2. Минерал слюдоподобный. Цвет темно-зеленый, иногда грязно-зеленый.

**Фуксит (231).** Хромосодержащая разновидность мусковита. Тв. 2. Цвет изумрудно-зеленый. Мелкие слюдоподобные листочки.

**Торбернит (362)**  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 2—2,5. Цвет изумрудно-зеленый. Блеск перламутровый. Мелкие чешуйчатые кристаллы квадратных очертаний. Радиоактивен.

**Вавеллит (372)**  $\text{Al}_3(\text{OH})_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 3—4. Цвет зеленоватый, иногда желтовато-зеленоватый. Шаровидные радиальнолучистые агрегаты с друзовидной поверхностью.

**Скородит (370)**  $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 3,5—4. Цвет зеленоватый. Рыхлые и плотные землястые массы. Продукт окисления арсенопирита.

**Малахит (318)**  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$ . Тв. 3,5—4. Цвет зеленый, блеск шелковистый. Тонкорадiallyнолучистые образования, почки («атласный малахит»). Вскипает в  $\text{HCl}$ . Встречается в зоне окисления месторождений меди.

**Пироморфит (355)**  $\text{Pb}_5\text{Cl}[\text{PO}_4]_3$ . Тв. 3,5—4. Цвет травяно-зеленый. Гексагональные призматические кристаллы, кристаллические корочки. Встречается в зоне окисления свинцовых руд.

**Флюорит (428)**  $\text{CaF}_2$ . Тв. 4. Цвет зеленый и др. Прозрачен или просвечивает. Сп. совершенная по октаэдру. Кристаллы—кубы и другие формы кубич. синг.; зернистые массы, шестовато-радиальные образования (натёки, корки).

**Апатит (354)**  $\text{Ca}_5(\text{Cl}, \text{F})[\text{PO}_4]_3$ . Тв. 5. Цвет зеленый, голубовато-зеленый, бледно-зеленый и др. Прозрачен или просвечивает. Сп. неясная. Гексагональные призматические кристаллы и сплошные зернистые массы.

**Аширит (200)**  $\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 5. Цвет изумрудно-зеленый. Прозрачен или просвечивает. Сп. совершенная. Кристаллы мелкие, сростаются в друзы и корочки. Минерал редкий.

## 5. Цвет минерала голубой, синий

**Ковеллин (19)**  $\text{CuS}$ . Тв. 1,5—2. Цвет синий. Блеск полуметаллический. Встречается часто в виде побежалости на халькопирите и борните.

**Галит (435)**  $\text{NaCl}$ . Тв. 2. Крупнокристаллический. Цвет синий. Сп. совершенная по кубу. Легко растворяется в воде. Вкус соленый.

**Вивианит (367)**  $\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Тв. до 2. Цвет синий и голубовато-зеленый. Сп. совершенная. На плоскостях спайности перламутровый блеск. Кристаллы листоватые, образуют лучистые группы, а также шаровидные и почковидные агрегаты.

**Халькантит (395)**  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 2,5. Цвет ярко-голубой. Легко растворяется в воде. Вкус неприятный, металлический.

**Барит (377)**  $\text{BaSO}_4$ . Тв. 2,5—3. Тяжелый (уд. в. 4,5). Цвет светло-голубоватый, чаще белый, розовый, бурый и др. Сп. совершенная. Встречается в виде таблитчатых кристаллов и сплошных масс.

**Вавеллит (372)**  $\text{Al}_3(\text{OH})_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 3—4. Цвет голубой, чаще зеленоватый или желтовато-зеленоватый. Встречается в виде шаровидных радиальнолучистых агрегатов с друзовидной поверхностью.

**Ангидрит (375)**  $\text{CaSO}_4$ . Тв. 3—3,5. Цвет голубоватый и синеватый.

Сп. совершенная. Блеск перламутровый. Встречается в виде мраморо-видных масс.

**Целестин (376)**  $\text{SrSO}_4$ . Тв. 5. Цвет от светло-голубого до бесцветного. Сп. совершенная. Встречается в виде кристаллов и конкреций вместе с гипсом.

**Азурит (319)**  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_2$ . Тв. 3,5—4. Цвет синий. Образует кристаллические сростки, часто в виде желваков и налетов. Встречается вместе с малахитом.

**Дистен (180)**  $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$ . Тв. 4 (вдоль кристалла на плоскости спайности) и 6 (поперек кристалла на той же плоскости). Цвет синий. Блеск перламутровый. Сп. совершенная. Кристаллы удлиненные призматические. Встречается в кристаллических сланцах.

**Трифиллин (347)**  $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Mn})[\text{PO}_4]$ . Тв. 4,5—5. Цвет голубой. Сп. ясная. Крупнокристаллические выделения в пегматитах.

**Апатит (354)**  $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})[\text{PO}_4]_3$ . Тв. 5. Цвет голубой и голубовато-зеленый. Полупрозрачный до прозрачного. Сп. неясная. Кристаллы в виде гексагональных призм.

## 6. Цвет минерала фиолетовый

**Лепидолит (235)**. Тв. 2. Литиевая слюда, мелколистоватая. Цвет бледно-фиолетовый. Встречается с розовым турмалином и альбитом в пегматитовых жилах.

**Хромовый хлорит (250—251)** — кеммерерит, родохром, кочубейт. Тв. 2. Светло-фиолетовый. Слюдоподобный, мелкокристаллический. Сп. в одном направлении. Листочки гибкие. Встречается вместе с хромистым железняком и хромовым гранатом (уваровитом).

**Мурманит (—)**. Сложный титаносиликат. Тв. 2—3. Цвет светло-фиолетовый, розоватый. Сп. весьма совершенная. Блеск сильный, перламутровый. Встречается в виде пластинчатых слюдоподобных выделений. Редок.

**Ангидрит (375)**  $\text{CaSO}_4$ . Тв. 3—3,5. Цвет фиолетовый или бледный розовато-фиолетовый. Сп. совершенная. Блеск перламутровый. Находится в месторождениях каменной соли вместе с гипсом. Иногда слагает породу.

**Флюорит (428)**  $\text{CaF}_2$ . Тв. 4. Цвет фиолетовый до темно-фиолетового, часто переходит в другие цвета. Прозрачный или полупрозрачный. Сп. совершенная по октаэдру. Кристаллы в виде кубов, реже — октаэдров; радиальнолучистые агрегаты с зональной окраской, сплошные зернистые массы.

**Апатит (354)**  $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})[\text{PO}_4]_3$ . Тв. 5. Цвет фиолетовый (чаще голубой, зеленоватый и др.). Сп. неясная. Встречается в виде гексагональных таблитчатых и призматических кристаллов.

## 7. Цвет минералов белый, серый; бесцветные

### *а) Не растворяются или плохо растворяются в воде*

**Серицит (231)**. Вторичная мелкокристаллическая калиевая слюда. Встречается в тонкочешуйчатых и плотных массах, образуется по полемому шпату, входит в состав сланцев. Цвет светло-сероватый, иногда зеленоватый.

**Жильбертит (231)**. Мелкокристаллическая калиевая слюда в виде

тонких оторочек, прожилков и плотных образований в рудных жилах; часто сопровождается плавиковым шпатом.

**Тальк (228)**  $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$ . Тв. 1. Жирный на ощупь. Цвет белый, сероватый до светло-зеленого. Сп. весьма совершенная. Листочки гибкие.

**Пирофиллит (229)**  $Al_2(OH)_2[Si_4O_{10}]$ . Тв. 1. Жирный на ощупь. Сп. весьма совершенная. Напоминает тальк. Встречается в виде звездчатых образований, сферолитов.

**Парагонит (230)**. На слюда. Тв. около 2. Белый или бесцветный. Сп. весьма совершенная. Встречается в виде мелкочешуйчатых сланцеватых масс с кyanитом и ставролитом.

**Пеннин (243)**. Водный алюмо-магнезиальный силикат. Тв. 2. Цвет светло-зеленоватый. Сп. весьма совершенная. Листочки, отщепленные от спайности, гибкие (не упругие, в отличие от слюды). Встречается в виде кристаллов и сплошных зернистых масс; образует хлоритовые сланцы.

**Гипс (388)**  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . Тв. 2. Легкий (уд. в. 2,3). Сп. весьма совершенная. В тонких пластинках гибок. Встречается в виде кристаллов и мраморовидных масс.

**Мусковит (231)**. Калиевая слюда. Тв. 2. Бесцветный, иногда буроватый. Листочки упруги. Находится в гранитах, пегматитовых жилах, слюдяных сланцах, грейзенах.

**Циннвальдит (234)**. Железисто-литиевая слюда. Тв. 2. Цвет светлый стально-серый. Встречается в кварцевых жилах с оловянным камнем и вольфрамитом.

**Брусит (82)**  $Mg(OH)_2$ . Тв. 2. Легкий (уд. в. 2,35). Бесцветен; серовато- и зеленовато-белого цвета. Сп. весьма совершенная. В тонких пластинках гибок. Кристаллы листоватые; кроме того, образует массы, похожие на гипс. Находится в связи со змеевиками.

**Гидроборацит (342)**  $CaMg[B_6O_{11}] \cdot 6H_2O$ . Тв. 2. Бесцветен или белый. Образует красивые лучисто-жилковатые агрегаты иногда шаровидной формы. Напоминает гипс.

**Сенармонит (103)**  $Sb_2O_3$ . Тв. 2—2,5. Бесцветен, а также белого или серого цвета. Кристаллы в виде октаэдров, иногда сплошные зернистые массы.

**Криолит (429)**  $Na_3[AlF_6]$ . Тв. 2,5. Бесцветный и белого цвета. Блеск тающего льда. Сп. ясная. Встречается в виде сплошных кристаллических масс в пегматитах. Редок.

**Валентинит (104)**  $Sb_2O_3$ . Тв. 2,5—3. Бесцветный, серовато- и желтовато-белый. Сп. совершенная. Встречается в виде тонких хрупких пластинок, чешуйчатых и звездчатых агрегатов; иногда в сплошных массах.

**Вазобисмутит (—)**  $2Bi_2O_3 \cdot CO_2 \cdot H_2O$ . Тв. 2,5—3. Цвет серый, иногда желтоватый или зеленоватый. Плотные землистые массы. Вторичный продукт по висмутовому блеску и самородному висмуту.

**Барит (377)**  $BaSO_4$ . Тв. 2,5—3. Тяжелый (уд. в. 4,6). Цвет белый, серый, желтоватый; бесцветен. Блеск стеклянный. Сп. совершенная. Кристаллы таблитчатые и призматические; встречается также в виде сплошных мраморовидных масс.

**Боксит (89)**. Тв. около 3. Легкий (уд. в. белых разностей 2,4). Каолиноподобные или глиноподобные массы часто оолитового сложения. Цвет белый до красного. Мало гигроскопичен, на ощупь тощий (в отличие от каолина).

**Англезит (378)**  $PbSO_4$ . Тв. около 3. Тяжелый (уд. в. 6,3). Водяно-прозрачен. Встречается в виде кристаллов и сплошных кристаллических масс как продукт разложения галенита.

**Кальцит (306)**  $CaCO_3$ . Тв. 3. Бесцветный, белый и другого цвета. Прозрачен и полупрозрачен. Сп. совершенная по ромбоэдру. Кристаллы — ромбоэдры, скаленоэдры и др.; кроме того, встречается в виде мраморовидных и листоватых масс (бумажный шпат). Легко вскипает в  $HCl$ .

**Церуссит (317)**  $PbCO_3$ . Тв. 3—3,5. Тяжелый (уд. в. около 6,5). Бесцветен, иногда белого, серого или черного цвета. Излом раковистый. Блеск алмазный. Встречается в виде кристаллов и плотных землистых масс.

**Ангидрит (375)**  $CaSO_4$ . Тв. 3—3,5. Цвет белый, серый, голубоватый. Сп. совершенная. Блеск перламутровый на плоскостях наиболее совершенной спайности. Встречается в виде кристаллов и мраморовидных зернистых масс. Находится вместе с гипсом и каменной солью. Образует породы.

**Целестин (376)**  $SrSO_4$ . Тв. до 3,5. Цвет белый до светло-голубоватого. Находится в виде кристаллов и мелкозернистых масс вместе с серой и гипсом.

**Витерит (316)**  $BaCO_3$ . Тв. 3,5. Тяжелый (уд. в. 4,3). Бесцветен или сероватого цвета. Кристаллы напоминают гексагональную дипирамиду. Обычно встречается в почковидных и сплошных массах. Вскипает в  $HCl$ .

**Энстатит (208)**  $Mg_2[Si_2O_6]$ . Тв. 6, обычно пониженная (до 3,5) в результате выветривания. Сп. совершенная. Блеск металловидно-перламутровый на плоскостях спайности. Встречается в сплошных кристаллических массах и в виде зерен в змеевиковых породах.

**Стронцианит (315)**  $SrCO_3$ . Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,7. Бесцветен, иногда зеленоватого цвета. Встречается в виде тонких игольчатых кристаллов, обычно срастающихся в радиальнолучистые агрегаты. Вскипает в  $HCl$ .

**Доломит (312)**  $CaMg[CO_3]_2$ . Тв. 3,5—4. Цвет белый, буроватый, серый. Блеск перламутровый. Сп. совершенная по ромбоэдру. Кристаллы — ромбоэдры, иногда седловидно изогнутые; кроме того, встречается в мраморовидных и подобных известняку массах. В  $HCl$  разлагается в порошок или при нагревании.

**Маргарит (240)**  $CaAl_2(OH)_2[Al_2Si_2O_{10}]$ . Тв. 3,5—4,5. Цвет белый, розовый. Сп. весьма совершенная. Блеск перламутровый. Листочки хрупкие. Минерал слюдоподобный.

**Дистен (180)**  $Al_2O_3[SiO_4]$ . Тв. 4 (вдоль кристалла на плоскости спайности) и 6 (поперек кристалла на той же плоскости). Цвет белый, часто синий; иногда бесцветен. Блеск перламутровый. Сп. совершенная. Кристаллы удлиненные, призматические. Находится в кристаллических сланцах.

**Флюорит (428)**  $CaF_2$ . Тв. 4. Бесцветен; иногда белый и других цветов; окраска нередко различная в одном и том же кристалле. Сп. совершенная по октаэдру. Кристаллы — кубы; кроме того, встречается в виде зернистых и шестоватого сложения масс.

**Колеманит (344)**  $Ca_2[B_6O_{11}] \cdot 5H_2O$ . Тв. 4—4,5. Цвет белый; обычно бесцветен. Сп. совершенная. Образует сплошные зернисто-кристаллические массы.

**Магнезит (307)**  $MgCO_3$ . Тв. до 4,5. Цвет белый и серый. Фарфоровидные образования (скрытокристаллические), мраморовидные массы,

сложенные из зерен удлиненной формы. В HCl вскипает только при нагревании.

**Шеелит (418)**  $\text{CaWO}_4$ . Тв. 4,5. Тяжелый (уд. в. 6). Бесцветен, а также белого, серого и желтого цвета. Блеск жирный. Сп. ясная.

**Каламин (189)**  $\text{Zn}_4(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]\cdot\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 4,5—5. Кристаллы хрупкие, тонкие, таблитчато-призматические, часто образуют друзы в пустотах. Цвет белый, желтый; обычно бесцветен. Встречается в зоне окисления цинковых месторождений.

**Волластонит (220)**  $\text{CaSiO}_3$ . Тв. 4,5—5. Цвет белый. Сп. совершенная. Кристаллы плоские, таблицеобразные. Чаще встречается в виде лучисто-шестоватых и скорлуповатых агрегатов.

**Хиастолит (179)**  $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$ . См. андалузит. Длинные призматические кристаллы, иногда тонкие, как иглы, в глинистых сланцах; внутри, вдоль кристалла, прорастают столбиками глинистого вещества. Твердость пониженная вследствие выветривания.

**Апофиллит (273)**  $\text{KCa}_4\text{F}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]_2\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Форма кристаллов кубическая и октаэдрическая (см. рис. 154). Грани обладают перламутровым блеском.

**Цеолиты.** Тв. до 5. Характерна форма кристаллов (см. ниже).

**Гейландит (303)**  $(\text{Ca}, \text{Sr})[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}]\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Кристаллы гейландита (стильбита) изображены на рис. 172. Блеск перламутровый на гранях *b*.

**Десмин (304)**  $(\text{Na}_2\text{Ca})[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}]\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Кристаллы имеют вид снеповидных сростков (см. рис. 173).

**Гармотом (305)**  $(\text{Ba}, \text{K}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_5\text{O}_{14}]\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Кристаллы в форме крестовидных сростков (рис. 174).

**Шабазит (301)**  $(\text{Ca}, \text{Na}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}]\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Характерны двойники прорастания (см. рис. 164).

**Анальцим (283)**  $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Форма кристаллов изображена на рис. 163. Кристаллы нарощие, в отличие от аналогичных по виду кристаллов лейцита, которые обычно вырастают в породе.

**Нагролит (299)**  $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Встречается в виде корочек радиальнолучистого и шестоватого сложения (см. рис. 169); кроме того, образует отдельные кристаллы и сплошные массы белого цвета (шпреуштейн — гнилой камень, образующийся при разрушении алюмосиликатов).

**Нозеан (290)**  $\text{Na}_8(\text{SO}_4)[\text{AlSiO}_4]_6$ . Тв. около 5. Цвет пепельно-серый. Встречается в виде зерен в вулканических породах.

**Апатит (354)**  $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})[\text{PO}_4]_3$ . Тв. 5. Цвет белый, серый, иногда бесцветен. Сп. неясная. Гексагональные таблитчатые и удлиненные призматические кристаллы; сплошные зернистые массы.

*б) легко растворяются в воде*

**Галит (435)**  $\text{NaCl}$ . Тв. 2. Бесцветен или белого цвета. Сп. совершенная по кубу. Вкус соленый. Встречается в виде сплошных крупнокристаллических и зернистых масс.

**Сильвин (436)**  $\text{KCl}$ . Тв. 2. Напоминает галит. Вкус горькосоленый.

**Бура (340)**  $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_7]\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 2—2,5. Легкая (уд. в. 1,7). Бесцветна, при выветривании становится белой. Легко растворяется в горячей воде. Вкус слабый сладковато-щелочной. Встречается в виде кристаллов и зернистых агрегатов в прибрежной части некоторых соляных озер (в Тибете).

**Тенардит (373)**  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Тв. 2,5. Бесцветен и прозрачен, часто с

легким красноватым оттенком. Оставаясь на воздухе, поглощает воду и распадается в белый порошок. Вкус солоноватый.

**Каинит (406)**  $MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$ . Тв. 2,5—3. Бесцветный до мясо-красного. Сп. ясная. Образует мощные пласты в соляных месторождениях.

**Кизерит (386)**  $MgSO_4 \cdot H_2O$ . Тв. 3. Бесцветен; серовато-белого или желтоватого цвета. Обычно образует целые пласты. В воде растворяется медленно.

### Минералы без металлического блеска, твердость больше 5

#### I. АМОРФНЫЕ, СКРЫТОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ИЛИ В ВИДЕ НАТЕЧНЫХ И СФЕРОИДАЛЬНЫХ ФОРМ

**Бирюза (371)**  $CuAl_6(OH)_8[PO_4]_4 \cdot 4H_2O$ . Тв. 5—6. Цвет голубой и голубовато-зеленый до серовато-зеленого. Блеск слабый. Аморфные образования с раковистым изломом.

**Гидрогётит (лимонит) (124)**  $HFeO_2 \cdot nH_2O$ . Тв. 5,5. Цвет темно-бурый до железно-черного. Черта бурая. Встречается в виде натечных образований радиальнолучистого сложения.

**Опал (97)**  $SiO_2 \cdot nH_2O$ . Аморфный. Тв. 5,5 (ножом чертится с большим усилием). Цвет молочно-белый, желтый, бурый и др. В полупрозрачных образцах часто иризирует.

**Нефрит (224, 225)**  $Ca_2(Mg, Fe)_5(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$ . Тв. 5,5—6. Цвет луково-зеленый до светло-зеленоватого или почти молочно-белого. Скрытокристаллический. Встречается в виде валунов.

**Гематит (121)**  $Fe_2O_3$ . Тв. 5,5—6,5. Цвет железно-черный до темно-красного. Черта вишнево-красная. Блеск металловидный. Встречается в виде натечных образований радиальнолучистого сложения.

**Уранинит (110)**  $UO_2$ . Тв. 6. Тяжелый (уд. в. около 10). Цвет смоляно-черный. Черта буровато-черная или серая. Излом раковистый. Встречается в жилах со свинцовым блеском и минералами серебра, кроме того, в пегматитовых жилах. Сильно радиоактивен. Очень редок.

**Пренит (242)**  $Ca_2Al(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$ . Тв. 6—7. Цвет зеленый, разных оттенков. Кристаллы образуют клиновидные, шаровидные и почковидные группы, обнаруживающие лучисто-жилковатое сложение. Встречается с цеолитами в пустотах и трещинах изверженных горных пород.

**Халцедон (96)**  $SiO_2$ . Тв. 7. Цвет синеватый, серый, красный и др. Полупрозрачен. Желваки, прожилки, натечи.

**Агат (96)**  $SiO_2$ . Тв. 7. Полосатый халцедон.

**Кремень (96)**  $SiO_2$ . Загрязненная примесями разновидность халцедона. Тв. 7. Непрозрачен. Слегка просвечивает в тонких краях. Цвет серый, бурый, желтый, черный.

**Яшма (96)**  $SiO_2$ . Окрашенная примесями кремнистая порода. Тв. 7. Цвет красный, зеленый, пепельно-серый, пестрый и др.

#### II. В ВИДЕ КРИСТАЛЛОВ ИЛИ ЗЕРНИСТЫХ МАСС

1. Цвет минерала черный, зеленовато-черный, буровато-черный или темно-бурый

**Хромит (131)**  $FeCr_2O_4$ . Тв. 5,5. Цвет черный. Черта светло-бурая. Зернистые массы в змеевиках. Иногда сопровождается хромовым хлоритом (фиолетовый) и хромовым гранатом (зеленый).

**Перовскит (133)**  $\text{CaTiO}_3$ . Тв. 5,5. Цвет железно-черный, иногда темно-бурый. Черта серая. Сп. нет. Блеск металлоидный. Кристаллы — кубы с характерной скульптурой на гранях; иногда зернистые массы. Редок.

**Лопарит (135)**  $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Ce})(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_6$ . Тв. 5,5. Цвет черный, иногда бурый или красно-бурый. Черта буровато-фиолетовая. Кристаллы обычно в виде кубов, образующих двойники прорастания. Редок.

**Эшинит (144)**. Титанонобат редких земель. Тв. 5—6. Цвет бархатно-черный. Черта серовато-бурая. Кристаллы удлиненные, призматические, иногда червеобразно изогнутые. Встречается в полевошпатовых жилах. Редок.

**Колумбит (136)**  $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$ . **Танталит**  $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$ . Тв. 5—6. Цвет черный. Черта красновато-бурая до темно-бурой. Кристаллы призматические, встречаются в пегматитовых жилах. Редок.

**Самарскит (151)**. Сложный ниоботанталат редких земель, и др.; содержит U. Тв. 5—6. Цвет бархатно-черный. Черта темная красновато-бурая. Встречается в виде бесформенных зерен, редко кристаллов, в пегматитовых жилах с колумбитом. Редок.

**Ортит (176)**. Сложного состава, силикат Ca, Al, Fe, Ce и Th. Тв. 5,5—6. Цвет буровато-черный до смоляно-черного. Сп. неясная. Кристаллы таблитчатые в изверженных породах и пегматитовых жилах.

**Гиперстен (210)**  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Тв. около 6 (часто понижена вследствие выветривания). Цвет темно-серый и темно-зеленый. Сп. ясная. Блеск на плоскостях спайности металлоидный. Сплошные массы и зернистые агрегаты.

**Геденбергит (212)**  $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Тв. около 6. Цвет черный или темно-зеленый. Сп. ясная. Кристаллы призматические.

**Уранинит (110)**  $\text{UO}_2$ . Тв. 6. Тяжелый (уд. в. до 10). Цвет смоляно-черный. Черта буровато-черная или серая. Излом раковистый. Встречается в виде октаэдров в пегматитовых жилах. Радиоактивен. Очень редок.

**Роговая обманка (227)**. Сложного состава силикат Ca, Fe, Mg. Тв. 6. Цвет зеленовато-черный до черного. Черта серая или серовато-зеленая. Сп. совершенная. Кристаллы удлиненные призматические (гексагонального очертания), иногда с продольной штриховкой.

**Авгит (214)**. Сложного состава силикат Ca, Fe, Mg. Тв. 6. Цвет зеленовато-черный до черного. Черта серая или серовато-зеленая. Сп. менее выражена, чем у роговой обманки. Кристаллы короткопризматические квадратных очертаний.

**Акмит (217)**  $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Тв. 6. Цвет коричневатый, красновато-коричневый, зеленый; на изломе темно-зеленый. В проходящем свете коричневатый в отличие от эгирина зеленоватого цвета. Сп. ясная. Кристаллы призматические, удлиненные, крупные, иногда тонкоигольчатые или в виде волокнистых скоплений.

**Энигматит (218)**. Пироксен содержит до 7,5%  $\text{TiO}_2$  и до 36%  $\text{FeO}$ . Тв. 6. Цвет бархатно-черный. Черта красновато-коричневая. Сп. ясная. Хрупкий. Встречается иногда в виде крупных выделений в элеолитовых сиенитах.

**Железный блеск (121)**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Тв. 6—6,5. Цвет железно-черный до буровато-черного. Черта вишнево-красная. Блеск металлоидный. Сп. нет. Кристаллы чешуйчатые и тонкопластинчатые. Встречается в сплошных массах и в виде друз кристаллов.

**Вилуит (170)**. Сложного состава алюмосиликат Ca, Fe и др. Тв. до 6,5. Цвет зеленовато-черный. Кристаллы хорошо образованы, призматические, тетр. с. (рис. 128).

**Фаялит (158)**  $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$ . Тв. 6,5. Цвет темно-зеленый до черного. Сп. в крупных зернах иногда довольно ясная. Встречается как породообразующий минерал основных изверженных горных пород.

**Кварц (дымчатый кварц) (96)**  $\text{SiO}_2$ . Тв. 7. Цвет дымчатый до черного. Прозрачен или просвечивает. Сп. нет. Кристаллы призматические, гексагональные. На гранях призмы наблюдается поперечная штриховка.

**Касситерит (98)**  $\text{SnO}_2$ . Тв. 7. Тяжелый (уд. в. около 7). Цвет черный до бурого. Сп. нет. Характерны двойники с входящими углами.

**Гранаты (167)**: меланит  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$ , содержит Ti; андрадит  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$ . Тв. до 8. Цвет черный (меланит) и темно-бурый (андрадит). Сп. нет. Кристаллы в виде ромбододекаэдров и др. Встречаются в сплошных массах и отдельных кристаллах.

**Плеонаст (126)**  $(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_4$ . Тв. 8. Цвет черный. Черта светлая. Сп. ясная. Кристаллы в виде октаэдров.

**Турмалин (203)**. Бороалюмосиликат сложного состава. Тв. 8. Цвет черный; иногда переходит в розовый или зеленый. Прозрачен или просвечивает в тонких краях. Сп. нет. Хрупок. Кристаллы призматические, триг. с., грубо исштрихованы вдоль. Поперечное сечение имеет вид сферического треугольника.

## 2. Цвет минерала красный или розовый

**Нефелин (287)**  $(\text{Na}, \text{K})[\text{AlSiO}_4]$ . Тв. 5,5. Сливной с жирным блеском. Цвет мясо-красный с переходами к серому. Сп. нет.

**Канкринит (288)**. Алюмосиликат Na и Ca; содержит  $[\text{CO}_3]$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Тв. 5,5. Цвет розовый, желтый. Сп. совершенная. Разлагается с шипением от действия HCl. Встречается вместе с элеолитом.

**Калиевый полевой шпат (277—279)** (ортоклаз или микроклин)  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ . Тв. 6. Сп. совершенная в двух направлениях. Блеск стеклянный. Кристаллы призматические.

**Родонит (219)**  $\text{MnSiO}_3$ . Тв. 5,5—6,5. Цвет розовый с черными пятнами. Кристаллы редки; массивный, мелкозернистый.

**Спессаргин (169)**  $\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ . Тв. 6,5—7,5. Цвет розовый. Сп. нет. Кристаллы — ромбододекаэдры и тетрагонтриоктаэдры. Характерно нахождение спессаргина в пегматитовых жилах.

**Кварц (96)**  $\text{SiO}_2$ . Тв. 7. Цвет фиолетовый (аметист), розовый или кирпично-красный. Кристаллы гексагональные. Сп. нет. Излом раковистый.

**Андалузит (179)**  $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$ . Тв. 7,5. Цвет розовый. Кристаллы столбчато-призматические. Выветриваясь, покрывается слоем вторичной слюды, вследствие чего понижается твердость.

**Шпинель (126)**  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ . Тв. 8. Цвет красный. Прозрачна. Сп. не совершенная. Октаэдры.

**Топаз (178)**  $\text{Al}_2\text{F}_2[\text{SiO}_4]$ . Тв. 8. Цвет розовый (редко). Сп. совершенная в одном направлении. Кристаллы призматические, продольно исштрихованы на гранях призмы.

**Турмалин (203)**. Бороалюмосиликат сложного состава. Тв. 8. Цвет розовый (рубеллит), часто переходит в зеленый. Прозрачен. Сп. нет. Хрупок. Кристаллы удлиненные, призматические, триг. с.; грубо исштрихованы вдоль; поперечное сечение имеет вид сферического треугольника. Находится вместе с лепидолитом.

**Корунд (рубин) (85)**  $Al_2O_3$ . Тв. 9. Цвет от розового до темно-красного. Наблюдается отдельность. Кристаллы гексагональные (триг. с.).

3. Цвет минерала желтый или желтовато-зеленый

**Виллемит (154)**  $Zn_2[SiO_4]$ . Тв. 5,5. Цвет желтоватый и зеленовато-желтый. Сплошные и зернистые массы в рудных контактах с цинкитом и цинковой шпинелью, иногда — в зоне окисления.

**Канкринит (288)**. Алюмосиликат Ca; содержит  $CO_2$ . Тв. 5,5. Цвет желтый, розовый и др. Сп. совершенная. Вскипает от HCl. Находится вместе с элеолитом.

**Титанит (183)**  $CaTiO[SiO_4]$ . Тв. 5,5. Цвет бледно-желтый и желтовато-зеленый. Кристаллы плоские, острые, клиновидные.

**Эпидот (194)**. Силикат Ca, Al и Fe с гидроксидом OH. Тв. 6—6,5. Цвет желтовато-зеленый до темно-зеленого (фисташково-зеленого). Кристаллы призматические, напоминают турмалин, но чаще плоские; на головках часто наблюдаются двойниковые входящие углы. Встречается также в виде сплошных масс и вкрапленности в породе.

**Оливин (157)**  $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$ . Тв. 6,5. Цвет желтовато-зеленоватый. Сп. неясная. Важнейший минерал основных изверженных горных пород. Разрушаясь, переходит в серпентин.

**Везувиан (190)**. Сложного состава силикат Al, Fe, Ca. Тв. до 6,5. Цвет желтовато-зеленый. Встречается в виде хорошо образованных кристаллов тетр. с. (квадратные призмы и другие формы) и сплошных мелкозернистых масс.

**Форстерит (155)**  $Mg_2[SiO_4]$ . Тв. 6,5. Цвет желтоватый. Сп. несовершенная; блеск стеклянный. Обычно мелкие зерна в контактово-метаморфизованных известняках.

**Топаз (178)**  $Al_2F_2[SiO_4]$ . Тв. 8. Цвет винно-желтый. Сп. совершенная в одном направлении. Кристаллы призматические, ромб. с. Находится в пегматитовых жилах.

**Берилл (201)**  $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$ . Тв. 8. Цвет желтый, желтовато-зеленый. Кристаллы в виде удлиненных гексагональных призм. Сп. неясная.

4. Цвет минерала бурый, красновато-бурый, дымчатый

**Монацит (349)**  $(Ce, La...)PO_4$ . Содержит Th. Тв. 5. Цвет красновато-бурый. Кристаллы в виде табличек (рис. 189), вросших в полевой шпат. Редок. Радиоактивен.

**Гётит (122)**  $HFeO_2$ . Тв. 5—5,5. Цвет желтовато-бурый и темно-коричневый. Черта охряно-желтая до буровато-желтой. Кристаллы мелкие, игольчатые, иногда тонкопластинчатые. Встречается также в виде натеков и землистых масс.

**Титанит (183)**  $CaTiO[SiO_4]$ . Тв. 5,5. Цвет бурый, коричневый. Кристаллы плоские, клиновидные.

**Виллемит (154)**  $Zn_2[SiO_4]$ . Тв. 5—5,5. Цвет желтовато- и красновато-бурый. Мелкие кристаллы и сплошные массы в цинковых месторождениях.

**Антофиллит (223)**  $(Mg, Fe)_7(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$ . Тв. 5,5—6. Цвет светло-коричневый, желтовато-коричневый, серый, иногда зеленоватый. Сп. совершенная. Кристаллы удлиненные; часто тонкоигольчатые и асбестовидные массы.

**Гематит (121)**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Тв. 5,5—6,5. Цвет красновато-бурый до буровато-красного. Цвет черты вишнево-красный. Блеск металловидный. Сп. нет. Тяжелый. Образует зернистые агрегаты, иногда с плитчатой отдельностью.

**Рутил (90)**  $\text{TiO}_2$ . Тв. 6—6,5. Цвет красновато-бурый. Просвечивает в тонких краях. Блеск полуметаллический. Кристаллы удлиненные, призматические, исстрихованы вдоль. Встречаются коленчатые двойники.

**Форстерит (155)**  $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ . Тв. 6,5. Цвет желтовато-бурый. Сп. несовершенная. Блеск стеклянный. Обычно мелкие зерна в контактово-метаморфизованных известняках.

**Аксинит (204)**  $\text{Ca}_2(\text{Mn, Fe})\text{Al}_2(\text{OH})[\text{VO}_3][\text{Si}_4\text{O}_{12}]$ . Тв. 6,5—7. Цвет бурый, дымчатый. Сп. средняя. Кристаллы клиновидные с острыми режущими краями.

**Диаспор (86)**  $\text{HAlO}_2$ . Тв. 6,5—7. Цвет бурый, фиолетовый, розовый, иногда бесцветный. Сп. совершенная. Блеск перламутровый. Кристаллы пластинчатые, удлиненные; иногда чешуйчатые, слюдоподобные массы.

**Гранаты:** гессонит (166)  $(\text{Ca, Fe})_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ ; альмандин (170)  $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ . Тв. 6,5—7,5. Цвет красновато-бурый. Сп. нет. Кристаллы — ромбододекаэдры и другие формы куб. с.

**Касситерит (98)**  $\text{SnO}_2$ . Тв. 7. Тяжелый (уд. в. около 7). Цвет бурый. Сп. нет. Характерны коленчатые двойники (см. рис. 91 и 92).

**Ставролит (181)**. Сложный силикат Al, Fe и Mg с гидроксиллом OH. Тв. до 7,5. Цвет красновато-бурый. Кристаллы призматические. Характерны крестовидные сростки (см. рис. 122). Находится в слюдяных сланцах.

**Кварц (дымчатый кварц) (96)**  $\text{SiO}_2$ . Тв. 7. Цвет дымчатый. Прозрачен или просвечивает. Сп. нет. Кристаллы призматические, гексагональные. На гранях призмы часто наблюдается поперечная штриховка.

**Циркон (171)**  $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ . Тв. 7,5. Цвет бурый или красновато-бурый. Блеск алмазный. Кристаллы призматически-пирамидальные, тетр. с., вросшие в породу.

5. Цвет минерала зеленый: от бледно-зеленого до темно-зеленого

**Нефелин (287)**  $(\text{Na, K})[\text{AlSiO}_4]$ . Тв. 5,5. Цвет зеленый, серовато-зеленый. Блеск жирный. Сп. нет.

**Виллемит (154)**  $\text{Zn}_2[\text{SiO}_4]$ . Тв. 5,5. Цвет яблочно-зеленый. Сплошные массы в месторождениях контактового типа с цинкитом, цинковой шпинелью и др. в зоне окисления.

**Титанит (183)**  $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$ . Тв. 5,5. Цвет зеленый (редко). Кристаллы плоские, клиновидные (см. рис. 124).

**Диопсид (211)**  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Тв. до 6. Цвет бутылочного стекла, бледно-зеленый до темно-зеленого и изумрудно-зеленого (хромовый диопсид). Кристаллы квадратных очертаний. Зернистые массы. Находится в метаморфизованных известняках, а также в кальцитовых жилах с флогопитом и апатитом.

**Амазонский камень (279)**  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ . Тв. 6. Цвет зеленый. Сп. совершенная. Находится в пегматитовых жилах.

**Актинолит (225)**. Амфибол, силикат Ca, Fe, Mg с гидроксиллом OH. Тв. 6. Цвет от светло- до темно-зеленого. Кристаллы удлиненные, часто

игольчатые, с совершенной спайностью и сильным блеском на плоскостях спайности.

**Амблигонит (350)**  $\text{LiAl}(\text{F}, \text{OH})[\text{PO}_4]$ . Тв. 6. Цвет зеленоватый. Сп. совершенная в нескольких направлениях. Блеск на плоскостях наиболее совершенной спайности перламутровый. Обычно крупнокристаллические образования в пегматитовых жилах.

**Эпидот (194)**. Силикат  $\text{Al}$ ,  $\text{Fe}$  и  $\text{Ca}$  с гидроксидом  $\text{OH}$ . Тв. 6—6,5. Цвет зеленый до темно-зеленого (фисташково-зеленый). Кристаллы призматические, более или менее плоские. На головках кристаллов нередко наблюдаются входящие двойниковые углы. В сплошных массах похож на везувиан.

**Везувиан (190)**. Сложного состава силикат  $\text{Al}$ ,  $\text{Fe}$  и  $\text{Ca}$ . Тв. до 6,5. Цвет желтовато-зеленый до изумрудно-зеленого (хромовый везувиан). Кристаллы призматические, тетр. с. Сплошные мелкозернистые массы.

**Хлоритоид (241)**  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$ . Тв. 6,5. Цвет от зеленовато-серого до темно-зеленого. Сп. весьма совершенная в одном направлении. Слюдоподобный. Хрупкий.

**Гранаты**: гроссуляр (166)  $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ , андрадит (167)  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$ , уваровит (168)  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$ . Тв. 6,5—7,5. Цвет бледно-зеленый (гроссуляр), зеленовато-бурый (андрадит) и изумрудно-зеленый (уваровит). Сп. нет. Кристаллы ромбододекаэдры, тетрагонтриоктаэдры и другие формы куб. с. Хромовый гранат (уваровит) встречается в виде мелкокристаллических корочек на хромистом железняке.

**Сподумен (215)**  $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Тв. 6,5—7. Цвет от светло-зеленого до изумрудно-зеленого. Сп. совершенная. Кристаллы призматические, удлиненные, иногда крупных размеров, обычно одиночные, включенные в породу. Встречаются в пегматитовых жилах.

**Шпинель (126)**  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ . Тв. 8. Цвет травяно- и темно-зеленый. Кристаллы — октаэдры. Сп. несовершенная. Иногда в мраморе.

**Берилл (201)**  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ . Тв. 8. Цвет изумрудно-зеленый (изумруд). Кристаллы удлиненные, призматические, гекс. с.

**Турмалин (203)**. Сложный бороалюмосиликат. Тв. 8. Цвет до темно-зеленого, иногда переходит в розовый. Сп. нет. Хрупкий. Кристаллы, удлиненные, призматические, триг. с., грубо исштрихованы вдоль. Поперечное сечение кристаллов имеет вид сферического треугольника.

## 6. Цвет минерала синий, голубой

**Содалит (289)**  $\text{Na}_8\text{Cl}_2[\text{AlSiO}_4]_6$ . Тв. 5,5. Цвет синий. Находится вместе с элеолитом и канкринитом.

**Гаюин (291)**  $\text{Na}_6\text{Ca}_2(\text{SO}_4)_2[\text{AlSiO}_4]_6$ . Тв. 5,5. Цвет ярко-синий. Прозрачен. Находится в вулканических породах.

**Лазурит (292)**  $\text{Na}_6\text{Ca}_2(\text{SO}_4, \text{S})[\text{AlSiO}_4]_6$ . Тв. 5,5. Цвет ярко-синий. Непрозрачен. Зернистые массы. Находится в контактовых областях в связи с известняками. Иногда сопровождается зернами пирита и медного колчедана.

**Лабрадор (275)**. Основной плагиоклаз. Тв. 6. Цвет серый и темно-серый с ярким синим отблеском на плоскостях спайности. Сп. совершенная.

**Топаз (178)**  $\text{Al}_2\text{F}_2[\text{SiO}_4]$ . Тв. 8. Цвет голубоватый до ярко-голубого. Сп. совершенная в одном направлении. Кристаллы призматические, хорошо образованные, ромб. с. Находится в пегматитовых жилах.

**Берилл (201)**  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ . Тв. 8. Цвет синий или голубоватый.

Кристаллы удлиненные, призматические, гекс. с. Сп. несовершенная. Находится в пегматитовых жилах и грейзенах.

**Шпинель (126)**  $MgAl_2O_4$ . Тв. 8. Цвет бледно-синий. Кристаллы — октаэдры. Сп. заметная, по октаэдру.

**Турмалин (203)**. Бороалюмосиликат сложного состава. Тв. 8. Цвет синий (индиголит), часто другие цвета. Сп. нет. Хрупкий. Кристаллы удлиненные призматические, триг. с.; исштрихованы вдоль. Поперечное сечение кристаллов имеет вид сферического треугольника.

**Корунд (85)**  $Al_2O_3$ . Тв. 9. Цвет синий (сапфир), голубой. Наблюдается отдельность. Кристаллы боченко- и веретенovidные, триг. с. Кроме того, встречается в сплошных мелкозернистых массах.

#### 7. Цвет минерала серый

**Элеолит (287)**  $(Na, K)[AlSiO_4]$ . Тв. 5,5. Цвет серый, облачный. Блеск жирный. Напоминает сливной кварц, но легко выветривается, вследствие чего в валунах породы (элеолитовый сиенит) обозначается углублениями между другими минералами.

**Скаполит (295)**. Алюмосиликат Ca и Na. Тв. 5,5—6. Цвет серый, иногда переходит в зеленоватый, розоватый. Форма кристаллов — квадратные призмы; встречается и в виде сплошных масс. Находится в контактовых зонах изверженных пород с известняками и в кальцитовых жилах с апатитом, диопсидом и флогопитом.

**Ромбические пироксены: энстатит (208)**  $Mg_2[Si_2O_6]$ , **бронзит (209)**  $(Mg, Fe)_2[Si_2O_6]$ . Тв. 5,5—6. Часто обнаруживает меньшую твердость вследствие начавшегося выветривания. Сп. совершенная. Блеск на плоскостях спайности металлоидный, бронзовый. Встречаются в виде сплошных кристаллических масс и зерен в основных изверженных породах.

**Полевые шпаты (277—279)** (ортоклаз, микроклин и др.). Тв. 6. Цвет серый, белый, желтоватый. Сп. совершенная в двух направлениях. Находятся в пегматитовых жилах и изверженных породах.

**Лабрадор (275)**. Полевой шпат. Тв. 6. Иризирует на плоскостях спайности синим цветом.

**Кварц (96)**  $SiO_2$ . Тв. 7. Полупрозрачный. Сп. нет. Встречается в виде гексагональных кристаллов и сплошных масс жильного и магматического происхождения.

**Силлиманит (207)**  $Al[AlSiO_5]$ . Тв. 7. Цвет серый, иногда светло-коричневый. Встречается в виде волокнистых масс и тонкоигольчатых кристаллов в кристаллических сланцах.

#### 8. Цвет минерала белый; иногда бесцветен

а) Кристаллы хорошо образованы, различается сингония

Кубическая сингония

**Лейцит (284)**  $K[AlSi_2O_6]$ . Тв. 5,5—6. Цвет белый, серый, до бесцветного. Кристаллы — тетрагонтриоктаэдры (см. рис. 164).

**Борацит (337)**  $Mg_3OSi_3[B_3V_4O_{12}]$ . Тв. 7. Бесцветен. Кристаллы одиночные в виде тетраэдров и других форм кубич. синг. (см. рис. 185). Встречается в гипсе и ангидрите.

**Алмаз (7)** C. Тв. 10. Прозрачен, бесцветен. Сп. заметная. Кристаллы октаэдрического облика. Редок. Встречается в россыпях и в кимберлитах с пиропом, оливином, пикроильменитом, хромдиопсидом.

### Тетрагональная сингония

**Скаполит (295—298).** Алумосиликат Ca и Na. Тв. 5,5—6. Цвет белый, серый, иногда слабо-зеленоватый. Кристаллы в виде квадратных призм с пирамидальными формами, иногда очень крупные. Находится в контактовых зонах известняков и в кальцитовых жилах с апатитом, диопсидом и флогопитом.

### Гексагональная сингония

**Нефелин (287)** (Na, K)[AlSiO<sub>4</sub>]. Тв. 5,5—6. Кристаллы мелкие в виде гексагональных призм, водяно-прозрачные. Встречается в пустотах лавы.

**Кварц (96)** SiO<sub>2</sub>. Тв. 7. Бесцветный, белый. Сп. нет. Кристаллы в виде гексагональных призм с двумя ромбоэдрами (напоминают гексагональную пирамиду). Грани призмы исштрихованы поперек (см. рис. 85).

**Фенакит (153)** Be<sub>2</sub>[SiO<sub>4</sub>]. Тв. 7,5—8. Бесцветен. Излом раковистый. Очень напоминает кварц. Кристаллы с хорошо развитыми ромбоэдрами (см. рис. 114). Редок, встречается в пегматитовых жилах.

**Берилл (201)** Be<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>[Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>]. Тв. 8. Бесцветен, светло-голубоватый, белый (мутный) и других цветов. Кристаллы в виде удлиненных гексагональных призм (см. рис. 131). Находится в пегматитовых жилах и грейзенах.

### Ромбическая сингония

**Данбурит (284)** Ca[B<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>]. Тв. 7—7,5. Кристаллы призматические, похожи на топаз. Бесцветный, желтоватый. Сп. несовершенная.

**Топаз (178)** Al<sub>3</sub>F<sub>2</sub>[SiO<sub>4</sub>]. Тв. 8. Кристаллы призматические, ромб. с., с пирамидальными формами; грани вертикальной призмы исштрихованы вдоль. Сп. совершенная в одном направлении, перпендикулярно к штриховке. Находится в пегматитовых жилах.

*б) Кристаллы хорошо образованы, сингонию по виду кристаллов определить нельзя*

**Датолит (185)** CaB(OH)[SiO<sub>4</sub>]. Тв. 5,5. Бесцветный, зеленоватый. Сп. несовершенная. Блеск стеклянный. Кристаллы богаты формами, имеют вид коротких столбиков или толстых пластинок; обычно собраны в друзы. Иногда сплошные зернистые массы.

**Ортоклаз (277)** K[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>]. Тв. 6. Цвет белый, серый, розоватый и иной. Сп. совершенная в двух направлениях. Кристаллы призматические иногда очень крупные.

**Адуляр (277)** K[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>]. Разновидность ортоклаза. Тв. 6. Кристаллы клиновидные (см. рис. 161), водяно-прозрачные, часто покрыты прохлоритом (порошок зеленого цвета). Блеск перламутровый. Находится в жилах альпийского типа.

**Альбит (274)** Na[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>]. Тв. 6. Бесцветный, белый, желтоватый. Сп. совершенная. Кристаллы мелкие, таблитчатые или зубьевидные, часто собраны в зубчатые группы или образуют скопления, напоминающие кучки зерен. Встречается в пегматитовых жилах.

*в) Сплошные зернистые массы и другие образования*

**Датолит (185)** CaB(OH)[SiO<sub>4</sub>]. Тв. 5—5,5. Бесцветен или зеленовато-серого и желтоватого цвета. Сп. несовершенная. Блеск стеклян-

ный. Кристаллы богаты формами, имеют вид коротких столбиков или толстых пластинок. Иногда сплошные зернистые массы.

**Полевые шпаты (274—279).** Алюмосиликаты К (ортоклаз и микроклин) или Na и Ca (плаггиоклазы). Тв. 6. Сп. совершенная в нескольких направлениях. На плоскостях спайности иногда тонкая штриховка, характерная для плаггиоклазов. Сплошные массы и отдельные кристаллы в пегматитовых жилах и изверженных породах.

**Тремолит (224)**  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ . Тв. 6. Сп. совершенная. Кристаллы удлиненные, призматические и тонкоигольчатые, часто в сплошных массах. Иногда наблюдается волокнистое и радиальнолучистое сложение. Встречается в мраморизованных известняках. По внешнему виду от тремолита иногда неотличим антофиллит.

**Диопсид (211)**  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Тв. 6. Мелкозернистые массы белого, серовато-зеленого цвета, иногда с кальцитом и тремолитом.

**Амблигонит (350)**  $\text{LiAl}(\text{F}, \text{OH})[\text{PO}_4]$ . Тв. 6. Цвет белый, сероватый, зеленоватый. Сп. совершенная в нескольких направлениях. Блеск на плоскостях наиболее совершенной спайности перламутровый. Обычно крупнокристаллические агрегаты в пегматитовых жилах.

**Цоизит (191, 192)**  $\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$ . Тв. 6—6,5. Цвет серовато-белый. Сп. более или менее ясная. Кристаллы редки, обычно шестоватые образования.

**Петалит (286)**  $\text{Li}[\text{AlSi}_4\text{O}_{10}]$ . Тв. 6—6,5. Бесцветный, белый, серый, иногда красноватый. Сп. ясная. Кристаллы редки, таблитчатые.

**Кварц (96)**  $\text{SiO}_2$ . Тв. 7. Прозрачный, мутный, молочно-белый. Сп. нет. Вкрапленники, друзы, сплошные массы. Находится в жилах и в горных породах.

## **ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ ПРИ ПОМОЩИ ПАЯЛЬНОЙ ТРУБКИ**

### **ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ**

Настоящий определитель содержит около 300 минералов. Схема определителя в основном химическая; с некоторыми изменениями она заимствована из других определителей. Изменения подсказаны главным образом практическим опытом. Так, например, испытания на получение перлов по нашей схеме отнесены значительно дальше, чем это было в прежних определителях, так как эти испытания требуют слишком много платиновой проволоки. В качестве пособий при составлении определителя, кроме основных источников, указанных в предисловии, были использованы руководства: Ф. Коббель «Таблицы для определения минералов»; Н. К. Разумовский «Определитель минералов по наружному виду и при помощи паяльной трубки»; Н. М. Федоровский «Определитель минералов при помощи паяльной трубки» и др.

Строение пламени свечи. Для работы с паяльной трубкой пользуются пламенем свечи, спиртовой лампочки или газовой горелки.

В пламени свечи различаются три конуса:

- 1) внутренний, представляющий собой вещество свечи в паровом состоянии и обладающий низкой температурой;
- 2) средний, состоящий из продуктов ближайшего распада вещества свечи: С, СО,  $\text{H}_2\text{O}$ , Н; в химическом отношении этот конус характеризуется большим содержанием недоокисленных продуктов, почему

и называется восстановительным; температура восстановительного конуса сравнительно высокая;

3) наружный, состоящий из продуктов окончательного сгорания свечи и избытка кислорода; этот конус называется окислительным; температура его высокая.

При помощи п. тр. воздух вдувается в пламя свечи. Благодаря этому процесс горения становится более энергичным и пламя свечи приобретает некоторые новые качества: внутренний конус почти исчезает, средний и наружный становятся лучше различимыми и приобретают более высокую температуру. Реактивная их способность — восстановительная для одного и окислительная для другого — значительно повышается.

При помощи п. тр. можно производить различные испытания минералов с целью диагностики последних.

Ниже приводится краткое описание важнейших реакций.

Окраска перлов. Перлом называется сплав буры или фосфорной соли, полученный в виде прозрачного стекла в ушке платиновой проволоки. Лучше, если бора безводная. При прокаливании

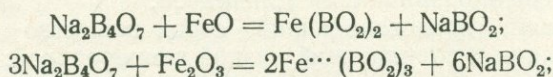
Таблица 1

Окраска перлов

Химические элементы	Бора		Химические элементы	Фосфорная соль	
	в окислительном конусе	в восстановительном конусе		в окислительном конусе	в восстановительном конусе
Mn Cr Co	Фиолетовый Зеленый Синий	Бесцветный Зеленый Синий	W Mo	Бесцветный Бледный желто-вато-зеленый	Голубой Зеленый
Cu	Голубой	Непрозрачный медно-красный (при большой присадке минерала)	V U	Желтый Бледно-зеленовато-желтый	Зеленый Зеленый
Ni	Красновато-бурый	Серый	Ti	Бесцветный	Фиолетовый
Fe	Светло-желтый	Зеленовато-желтый бутылочно-зеленый	Fe	Бледно-желтый	Бутылочно-зеленый

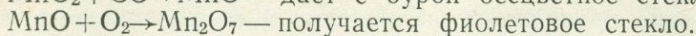
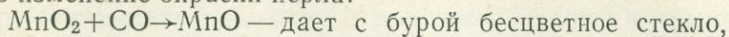
перлы растворяют в себе окислы многих металлов и при этом иногда окрашиваются в яркие характерные цвета (табл. 1). Протекающие при этом реакции заключаются в следующем:

1. Бора при сплавлении с окислами металлов дает соответствующие метабораты:

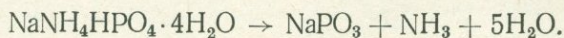


2. Метаборат закиси может переводиться в метаборат окиси и обратно прокаливанием перла соответственно в окислительном или

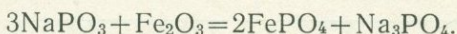
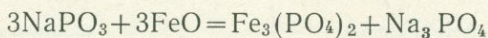
восстановительном пламени, в связи с чем и происходит в ряде случаев изменение окраски перла:



3. Фосфорная соль при прокаливании переходит в метафосфорнокислый натрий:



4. Метафосфорнокислый натрий растворяет окислы металлов с образованием ортофосфатов:



Изменение окислительной среды на восстановительную и здесь может вызвать изменение окраски перла. Так,  $\text{FePO}_4$ , в окислительном конусе вызывает бледно-желтое окрашивание перла, а  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  в восстановительном пламени дает бутылочно-зеленое стекло. Опыты с окраской перлов следует производить в ушке (петельке) платиновой проволоки. Для испытания необходимо брать прокаленный на угле минерал, так как сернистые и мышьяковистые металлы портят при прокаливании платиновую проволоку и, кроме того, могут не дать характерной окраски перла, поскольку она вызывается только окислами.

Следует брать небольшое, а для некоторых элементов даже минимальное количество вещества. Окраска получается смешанной, если в минерале присутствуют два вызывающих окраску элемента.

Окраска пламени. Маленький кусочек минерала захватывается пинцетом и сильно прокаливается. Иногда уже при этом происходит окрашивание пламени. Для того чтобы окраска была ясней, минерал после прокалывания осторожно смачивают  $\text{HCl}$  и прокаливают вновь. В табл. 2 указаны наиболее характерные окраски пламени.

Таблица 2

Окраска пламени

Химические элементы	Цвет пламени	Химические элементы	Цвет пламени
Na	Желтый	Ba	Бледно-зеленый
K	Фиолетовый	B	Зеленый <sup>1</sup>
Ca	Розово-красный	P	Зеленовато-голубой
Sr	Красный	CuO	Зеленый
Li	Темно-красный	CuJ <sub>2</sub>	
		CuCl <sub>2</sub>	

<sup>1</sup> Зеленый цвет пламени бора хорошо наблюдается при сплавлении борсодержащих минералов в ушке платиновой проволоки со смесью Турнера (1 часть  $\text{CaF}_2$  + 4 части  $\text{KHSO}_4$ ).

Фиолетовый цвет пламени калия сильно маскируется натрием. В этом случае, чтобы различить калий, пламя рассматривают через синее стекло, поглощающее желтый цвет.

Различие окрасок пламени для кислородных соединений меди и  $\text{CuCl}_2$  позволяет открывать хлор в минералах. Для этого перл буры окрашивают окисью меди, после чего добавляют испытуемый минерал.

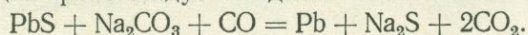
При содержании в минерале хлора окраска пламени будет лазуревой. Налеты на угле. Опыт производят на пластинке плотного угля; испытуемый минерал помещают в ямку, сделанную на краю пластинки, и сильно прокаливают. Сернистые и мышьяковистые минералы дают налеты непосредственно при прокаливании. Другие минералы следует предварительно истереть в порошок с тройным количеством соды.

Таблица 3

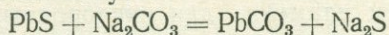
Налеты на угле

Химические элементы	Цвет налета и состав	Свойства налета
As	Белый, $As_2O_3$	Ложится далеко от пробы. Очень летучий. При получении налета чувствуется чесночный запах.
Sb	Белый, $Sb_2O_3$	Плотный, густой, ложится близко от ямки, в которой производится нагревание. При получении налета образуется густой дым.
Pb	а) Зеленовато-желтый до белого, $PbO$ б) Желтовато-зеленый, $PbJ_2$	Плотный, ложится близко от пробы Налет получается, если свинецсодержащий минерал нагревать на угле со смесью $KJ+S_4$
Bi	а) Желтовато-белый, $Bi_2O_3$ б) Бархатно-красный, $BiJ_3$	Очень похож на $PbO$ Получается при проведении опыта с $KJ+S_4$ , как указано для свинца
Zn	а) Белый $ZnO$ б) Зеленый, $ZnO \cdot CoO$ (ринманова зелень)	Ложится близко от ямки Получается, если белый налет осторожно смочить каплей слабого раствора $Co(NO_3)_2$ и сырое пятно прокалить в окислительном конусе
Sn	Белый, $SnO_2$	Смоченный раствором $Co(NO_3)_2$ и прокаленный в окислительном конусе приобретает голубовато-зеленую окраску

Получение королька металла. При сплавлении порошка минерала с тройным количеством соды в ямке на угле выплавляются в восстановительном конусе корольки Pb, Ag и Cu, труднее Sn и Bi, вследствие легкой окисляемости последних. Хорошо выплавленный металл имеет вид шарика, включенного в шлак; корольки испытываются на ковкость и другие свойства соответствующего металла. Для ускорения реакции рекомендуется добавлять немного порошка угля:



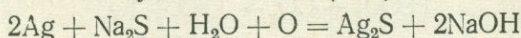
Серная печень (реакция на серу). Минерал истирается в порошок с тройным количеством соды, после чего сплавляется в ямке на угле в восстановительном конусе:



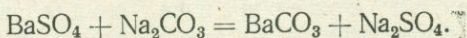
(частично может восстановиться металл Pb).

Серная печень это сплав, содержащий  $\text{Na}_2\text{S}$ . Цвет серной печени бурый.

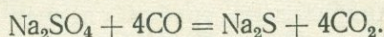
Сплав вынимают, кладут на серебряную монету и смачивают небольшой каплей воды. Появление черного или бурого пятна — признак положительной реакции: в минерале есть сера. С никелевой монетой реакция менее чувствительна (получается  $\text{NiS}$ ):



Если испытуемый минерал представляет собой сульфат, а сплавление производить в окислительном пламени, то серной печени не получается:



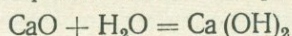
Поэтому для успеха реакции на серную печень необходимо под конец сплавления длительно прокалывать сплав в восстановительном пламени:



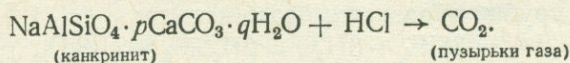
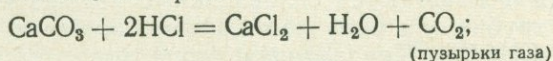
Реакция на щелочность. Минерал сильно прокалывают в пинцете в окислительном конусе. Прокаленный кусочек кладут на куркумовую или красную лакмусовую бумажку и смачивают маленькой капелькой воды. В случае положительной реакции куркумовая бумажка окрашивается в красный цвет, а красная лакмусовая — в синий. Примеры:

1)  $\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2$ ;  $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2$  — красное пятно на куркумовой бумажке;

2)  $\text{CaSiO}_3$  — частично разлагается с образованием  $\text{CaO}$ :



Реакция на  $\text{CO}_2^*$ . Испытуемый минерал истирают в порошок, на который затем действуют соляной кислотой сначала при обычной температуре, а затем при осторожном нагревании. Вскипание или выделение пузырьков газа указывает на наличие карбоната или на присутствие  $\text{CO}_2$  в составе минерала:



Реакции на  $\text{SiO}_2$ .

1. Минерал в виде порошка разлагают в пробирке в небольшом количестве  $\text{HCl}$  и осторожно выпаривают избыток кислоты. В ряде случаев при этом образуется студень  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . В других случаях выделяется слизистая или порошковатая кремнекислота. Есть минералы, которые совсем не разлагаются в  $\text{HCl}$ .

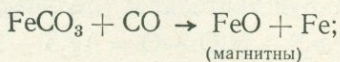
2. Кусочек минерала сплавляют с перлом фосфорной соли. При этом наблюдается неполное растворение: остается скелет кремнезема.

3. Минерал в порошок сплавляют в ушке платиновой проволоки с тройным количеством соды, после чего сплав растворяют на стекле в капле крепкой  $\text{HCl}$  и раствор осторожно выпаривают досуха; остаток вновь растворяется в  $\text{HCl}$  с прибавлением нескольких капель воды.

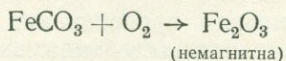
\* Некоторые минералы из групп сернистых соединений разлагаются с выделением  $\text{H}_2\text{S}$  (не смешивать с  $\text{CO}_2$  — различаются по запаху).

В случае присутствия  $\text{SiO}_2$  в растворе обнаруживаются хлопья кремнезема.

Реакция на магнитность (определение Fe). Кусочек минерала прокаливают в восстановительном пламени и затем испытывают на прилипание к магниту:



(магнитны)



(немагнитна)

Испытание на содержание воды в минерале. Кусочки минерала прокаливают в так называемой закрытой трубке (обычная трубка диаметром 0,5 см, длиной около 6 см, запаянная с одного конца, лучше — раздутая на этом конце в небольшой шарик). Присутствие воды обнаруживается по появлению капелек воды на стенках трубки. Предварительно трубку следует высушить.

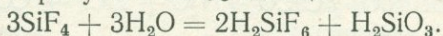
Реакция на Al и Mg с  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ . Для испытания берут небольшие тонкие кусочки минерала и сильно их прокаливают. После прокаливания минерал смачивают слабым бледно-розовым раствором  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  и вновь прокаливают в окислительном конусе. Присутствие Al узнается по появлению синей окраски (тенарова синь  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CoO}$ ); присутствие Mg вызывает бледно-розовую, телесного цвета окраску.

При проведении этой реакции надо иметь в виду следующее:

- 1) при повторном прокаливании минерал не должен плавиться, иначе синяя окраска появится в результате получения кобальтового стекла;
- 2) после предварительного прокаливания минерал должен быть белым, так как темная или иная окраска маскирует цвет реакции. Для минералов, не удовлетворяющих этим требованиям, реакция с  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  непригодна.

Определение F. Опыт производится по-разному для силикатов и несиликатов.

Силикаты подвергаются сплавлению с порошком стекла и  $\text{KHSO}_4$  в закрытой трубке (на одну часть минерала берут одну часть стекла и три части  $\text{KHSO}_4$ ). При наличии фтора выделяется  $\text{SiF}_4$  и на влажных стенках трубки образуется белое кольцо:



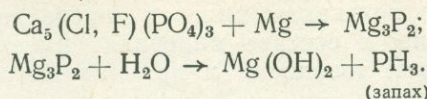
(белый налет)

В случае несиликатов порошок минерала нагревают в пробирке с несколькими каплями крепкой  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до появления паров  $\text{SO}_3$ . Выделяющийся HF разъедает стенку пробирки. Перед опытом пробирку следует вымыть и высушить, чтобы убедиться в целостности ее стенок. То же нужно сделать и после опыта. Разъедание стенок пробирки укажет на присутствие в минерале фтора.

Определение P. Минерал должен быть безводным или его надо предварительно прокалить в закрытой трубке. Порошок минерала тщательно перемешивают с тройным количеством порошка магния и смесь сильно прокаливают в закрытой трубке до вспышки.

При слишком большом количестве Mg может произойти небольшой взрыв, поэтому необходима некоторая осторожность. Закрытую трубку при прокаливании надо держать в щипчиках. После вспышки через горлышко трубки пропускают каплю воды. В случае положи-

тельной реакции образуется неприятно пахнущий фосфористый водород (запах гнилой редьки):



Реакция на As в арсенатах. Испытуемый минерал растворяется в HCl при нагревании в пробирке. При нагревании с кусочком цинка из этого раствора выделяется (восстановление водородом) мышьяк в виде бурой или черной пены, ползущей по стенкам пробирки.

Реакция на V в ванадатах. Минерал растворяется при нагревании в HCl. Несколько капель перекиси водорода H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> вызывают красную (разной интенсивности, в зависимости от концентрации V) окраску раствора вследствие образования надванадиевой кислоты HVO<sub>4</sub>.

Кроме перечисленных существуют много других реакций, применяющихся при работе с паяльной трубкой. Они указаны ниже при описании соответствующих минералов, например, реакции в коленообразной «открытой» трубке, служащей для прокаливания и получения налетов в токе воздуха.

Определение плавкости минералов. Это определение производят прокаливанием маленьких острых кусочков минерала в пламени паяльной трубки. При этом наблюдается вскипание или другие явления, характерные для данного минерала. Плавкость порошковых минералов узнается по спеканию порошка на угле.

Плавкость минералов может сильно изменяться в связи с изменением химического состава, поэтому признак плавкости не всегда надежен. Кроме того, трудно определяется плавкость минералов группы сернистых соединений. В этом случае необходимо производить сплавление небольших кусочков минерала, внося их быстро и на короткое время в пламя паяльной трубки, иначе происходит обжигание минерала, а следовательно изменение его состава и свойств.

Указания к пользованию определителем. Определение минералов производится строго последовательно в порядке, который указан в схеме определения (см. ниже). Пропуски и перескоки недопустимы. Исключение допускается для минералов, обладающих металлическим блеском, определение которых можно начинать с раздела II, т. е. с испытания на серную печь, поскольку в разделе I минералы с металлическим блеском полностью отсутствуют. Надо иметь в виду, что в настоящем определителе к числу минералов с металлическим блеском относятся такие минералы, которые дают черную черту на неглазурованной фарфоровой пластинке, обладают черным цветом или цветом металла и непрозрачны даже в тонких краях. В виде исключения к этой группе относятся золото, серебро, медь и халькопирит, дающие цветную черту.

Допустим, что определяемый минерал не обнаруживает металлического блеска. Сначала выясняем, дает ли он реакцию на CO<sub>2</sub>. Если дает, то переходим к пункту А. Если этот пункт не подходит, испытываем минерал на получение налета (пункт Б). Если налет не образуется, производим испытание на получение перла (пункт В).

При получении окрашенного перла выясняем, какой это перл, пользуясь табличкой на стр. 258. Если, например, это будет перл меди, то минерал надо искать в группе IX, стр. 268.

Затем остается внимательно сравнить химические и другие признаки определяемого минерала с признаками минералов, описанных для этой группы. По признакам минерал определяется, например, как азурит. Действительно, в составе минерала имеется вода, внешние признаки — синий цвет, твердость и др. — также соответствуют азуриту.

Если бы определяемый минерал не давал реакции на  $\text{CO}_2$ , то надо было бы перейти к разделам II, III и т. д. схемы, пропуская те разделы, которые оказывались бы неподходящими.

### СХЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ПРИ ПОМОЩИ ПАЯЛЬНОЙ ТРУБКИ

#### *I. Минералы, дающие реакцию на $\text{CO}_2$ \**

- A. Дают после прокаливания щелочную реакцию.
  - 1) Нерастворимы в воде.
  - а) Выделяют воду при нагревании в закрытой трубке (I, стр. 266).
  - б) Воды не выделяют.
    - б<sub>1</sub>) Тонкий порошок минерала окрашивается в фиолетовый цвет при нагревании в слабом растворе  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  (II, стр. 266).
    - б<sub>2</sub>) Цвет порошка минерала не изменяется при нагревании в слабом растворе  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  (III, стр. 266).
  - 2) Растворимы в воде (IV, стр. 267).
- B. Дают на угле налет.
  - 1) Налет Pb или Bi (V, стр. 267).
  - 2) Налет Zn (VI, стр. 268).
- B. Окрашивают перл.
  - 1) Перл окрашен окислами Fe (VII, стр. 268).
  - 2) Перл окрашен окислами Mn (VIII, стр. 268).
  - 3) Перл окрашен окислами Cu (IX, стр. 268).

#### *II. Минералы, дающие с содой серную печень*

- A. Дают после прокаливания щелочную реакцию.
  - 1) Не растворяются в воде (X, стр. 268).
  - 2) Растворяются в воде (XI, стр. 269).
- B. Дают на угле налет.
  - 1) Налет и дым As (XII, стр. 270).
  - 2) Налет и дым Sb (XIII, стр. 271).
  - 3) Налет Pb (XIV, стр. 271).
  - 4) Налет Bi (XV, стр. 271).
  - 5) Налет Zn (XVI, стр. 272).
- B. Окрашивают пламя в зеленый цвет до смачивания и в лазуревый цвет после смачивания соляной кислотой (XVII, стр. 272).
- Г. Окрашивают перл буры или фосфорной соли.
  - 1) Перл окрашен окислами Fe (XVIII, стр. 273).
  - 2) Перл окрашен окислами Mn (XIX, стр. 273).
  - 3) Перл окрашен окислами Ni (XX, стр. 274).
  - 4) Перл окрашен окислами Mo (XXI, стр. 274).

<sup>1</sup> В этой группе нет минералов с металлическим блеском, поэтому при определении последних можно сразу начинать со II группы, т. е. с испытания на серную печень.

- Д. Не входят в предыдущие группы.  
1) Дают металлический королек (XXII, стр. 274).  
2) Не дают королька (XXIII, стр. 274).

### III. Минералы, выделяющие $\text{SiO}_2$ в виде студня или студенистых хлопьев

- А. Дают налет на угле (XXIV, стр. 275).  
Б. Окрашивают перл буры (XXV, стр. 275).  
В. К предыдущим группам не относятся.  
1) Не содержат воды или содержат ее мало (XXVI, стр. 276).  
2) Содержат воду (XXVII, стр. 276).

### IV. Минералы, не выделяющие $\text{SiO}_2$ в виде студня

Дают скелет кремнезема в перле фосфорной соли или хлопья  $\text{SiO}_2$  после сплавления с содой и растворения сплава в соляной кислоте.

- А. В закрытой трубке воды не выделяют или выделяют мало.  
1) Окрашивают пл. п. тр. в красный цвет (XXVIII, стр. 277).  
2) Дают окрашенный перл буры или фосфорной соли (XXIX, стр. 277).  
3) Не входят в предыдущие группы.  
а) Обладают совершенной спайностью (XXX, стр. 278).  
б) Дают реакцию на Al с  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  (XXXI, стр. 279).  
с) Прочие.  
с<sub>1</sub>) Легко или заметно плавятся (XXXII, стр. 279).  
с<sub>2</sub>) Трудно плавятся или не плавятся (XXXIII, стр. 279).  
Б. В закрытой трубке выделяют воду.  
1) Окрашивают перл буры или фосфорной соли (XXXIV, стр. 280).  
2) Окрашенного перла не дают.  
а) Твердость  $>5,5$  — не чертятся ножом (XXXV, стр. 282).  
б) Твердость  $<5,5$  — чертятся ножом (XXXVI, стр. 282).

### V. Минералы, не дающие реакции на $\text{CO}_2$ , серную печень и $\text{SiO}_2$

- А. Ковкие металлоподобные (XXXVII, стр. 283).  
Б. Горят, дают вспышку или улетучиваются при прокаливании на угле.  
1) Горят (XXXVIII, стр. 284).  
2) Улетучиваются или дают вспышку при прокаливании на угле.  
а) Блеск металлический (XXXIX, стр. 285).  
б) Металлического блеска не имеют (XL, стр. 285).  
В. Дают после прокаливании щелочную реакцию.  
1) Не растворяются в воде.  
а) В закрытой трубке воды не выделяют (XLI, стр. 286).  
б) В закрытой трубке выделяют воду (XLII, стр. 286).  
2) Растворяются в воде (XLIII, стр. 286).  
Г. Дают с азотнокислым кобальтом реакцию на алюминий (XLIV, стр. 287).  
Д. Дают на угле налет.  
1) Налет As (XLV, стр. 287).  
2) Налет Sb (XLVI, стр. 288).  
3) Налет Pb или Bi (XLVII, стр. 289).

- 4) Налет Zn (XLVIII, стр. 289).
  - 5) Налет Sn (XLIX, стр. 290).
- Е. Окрашивают перл.
- 1) Перл окрашен окислами Fe или Ti.
    - а) В закрытой трубке воды не выделяют или выделяют мало (L, стр. 290).
    - б) В закрытой трубке выделяют воду (LI, стр. 291).
  - 2) Перл окрашен окислами Mn (LII, стр. 291).
  - 3) Перл окрашен окислами Cu.
    - а) В закрытой трубке воды не выделяют или выделяют мало (LIII, стр. 292).
    - б) В закрытой трубке выделяют воду (LIV, стр. 292).
  - 4) Перл окрашен окислами Cr (LV, стр. 293).
  - 5) Перл окрашен окислами Co (LVI, стр. 293).
  - 6) Перл окрашен окислами Ni (LVII, стр. 293).
  - 7) Перл окрашен окислами Ti (LVIII, стр. 293).
  - 8) Перл окрашен окислами других металлов.
    - а) В закрытой трубке воды не выделяют или выделяют мало (LIX, стр. 294).
    - б) В закрытой трубке выделяют воду (LX, стр. 294).
- Ж. Дают реакцию на хлор (LXI, стр. 295).
- З. Не относятся к предыдущим группам (LXII, стр. 295).

## ГРУППЫ МИНЕРАЛОВ

### I

**Гидромагнетит**  $Mg_5(OH)_2[CO_3]_4 \cdot 4H_2O$ . Мон. с. Кристаллы редки. Встречается в виде землистых масс и мелопоподобных корочек. Тв. 3,5. Уд. в. 2,16. Цвет снежно-белый. При прокаливании с  $Co(NO_3)_2$  окрашивается в телесный цвет. Неплавкий.

### II

**Арагонит**  $CaCO_3$ . Ромб. с. Кристаллы игольчатые и призматические; оолитовые массы и плотные натёки. Двойники в виде гексагональных призм. Сп. несовершенная. Тв. 3,5—4. Уд. в. 2,95. Бесцветный или белый, желтоватый, зеленоватый. Блеск стеклянный. Пл. п. тр. окрашивают в розово-красный цвет.

**Стронцианит**  $SrCO_3$ . Ромб с. Кристаллы обычно тонкие, игольчатые, часто соединяются в пучки. Сп. нет. Тв. 3,5. Уд. в. 3,7. Бесцветный или зеленоватый. Окрашивает пл. п. тр. в ярко-красный цвет.

**Витерит**  $BaCO_3$ . Ромб. с. Кристаллы напоминают дипирамидальные формы гекс. с. Обычно почковидные и сплошные агрегаты. Сп. нет. Тв. 3,5. Уд. в. 4,3. Бесцветный или сероватого цвета. П. п. тр. плавится в прозрачное стекло. Окрашивает пламя в зеленоватый цвет.

### III

**Канкринит**  $Na_6Ca(CO_3, SO_4)[Al, SiO_4]_6 \cdot 3H_2O$ . Гекс. с. Сплошные выделения и зерна в породе. Сп. совершенная. Тв. 5,5. Уд. в. 2,5. Цвет розовый, желтый, серый. П. п. тр. белеет и плавится, вспучиваясь и

пенясь, в белое пузыристое стекло. При нагревании порошка канкринита в HCl образуется студень.

**Анкерит**  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})[\text{CO}_3]_2$ . Триг. с. Зернисто-кристаллические массы и друзы кристаллов-ромбоэдров. Сп. совершенная. Тв. 3,5. Уд. в. 2,95—3,1. Цвет белый, бурый. Чернеет после прокаливания и становится магнитным. С бурой в окислительном пламени дает фиолетовый перл.

**Доломит**  $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ . Часто содержит Fe и Mn. Триг. с. Кристаллы в виде седловидно изогнутых ромбоэдров; также мраморовидные и сплошные массы. Сп. совершенная. Тв. 3,5—4. Уд. в. 2,8—2,9. Цвет белый, бурый, зеленоватый. Блеск стеклянный и перламутровый. Порошок доломита разлагается в соляной кислоте только при подогревании. Дает реакцию на Mg с  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ .

**Магнезит**  $\text{MgCO}_3$ . Триг. с. Кристаллы в виде ромбоэдров; мраморовидные массы, плотные фарфоровидные натеки и желваки. Тв. 3,5—4,5. Уд. в. 3,1. Цвет белый, желтоватый и серовато-белый. Разлагается в соляной кислоте только в порошке и при нагревании. Дает реакцию на Mg с  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ .

**Кальцит**  $\text{CaCO}_3$ . Триг. с. Кристаллы в виде ромбоэдров и скаленоэдров; иногда массы листоватого сложения (папиришпат) или зернистые массы, туфы, натеки. Сп. совершенная. Тв. 3. Уд. в. 2,6—2,8. Цвет белый, серый; иногда бесцветен. Легко вскипает в разбавленной HCl.

#### IV

**Термонатрит**  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Ромб. с. Кристаллы пластинчатого вида; налеты, корки, плотные и мучнистые массы. Тв. 1—1,5. Уд. в. 1,5—1,6. Бесцветный. Выделяет воду.

**Трона**  $\text{Na}_3\text{H}[\text{CO}_3]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Мон. с. Кристаллы столбчатого или пластинчатого вида; налеты и корки. Тв. 2,5—3. Уд. в. 2,1. Цвет белый. Кристаллы на воздухе не выветриваются. В закрытой трубке выделяют воду и  $\text{CO}_2$ .

**Сода**  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Встречается в смеси с другими карбонатами натрия. Мон. с. Кристаллы таблитчатого вида; обычно налеты, корки, плотные и мучнистые массы. Тв. 1—1,5. Уд. в. 1,4. Бесцветная, белая, серая. В закрытой трубке при нагревании выделяет много воды. Кристаллы легко выветриваются на воздухе.

#### V

**Фосгенит**  $\text{PbCO}_3 \cdot \text{PbCl}_2$ . Тетр. с. Кристаллы призматические и таблитчатые. Сп. средняя. Тв. 2,5—3, слегка режется ножом. Уд. в. 6,0—6,3. Цвет белый, серый, желтый. Блеск алмазный. Дает реакцию на Cl. Растворяется в  $\text{HNO}_3$ .

**Церуссит**  $\text{PbCO}_3$ . Ромб. с. Кристаллы удлиненнопризматические и пластинчатые; чаще сплошные плотные и землистые массы. Тв. 3,5. Уд. в. 6,5. Бесцветный, белый и серый. Блеск алмазный. П. п. тр. растрескивается. Легко плавится и на угле дает королек металлического свинца. Растворяется в разбавленной  $\text{HNO}_3$ .

**Бисмутосферит**  $\text{Bi}_2\text{O}_2[\text{CO}_3]$ . Радиальнолучистые сферической формы агрегаты. Тв. 3—3,5. Уд. в. 7,3—7,4. Цвет желтый до серого. Легко плавится. При нагревании в закрытой трубке воды не выделяет.

**Базобисмутит**  $2\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Плотные землистые массы. Тв. 2,5—3. Уд. в. около 7. Цвет серый. Легко плавится. В закрытой трубке при нагревании выделяет немного воды.

## VI

**Гидроцинкит**  $\text{Zn}_5(\text{OH})_6[\text{CO}_3]_2$ . Почковидные и землистые массы. Цвет белый и желтовато-белый. Тв. 2—2,5. Уд. в. 3,58—3,8. Не плавится. В закрытой трубке выделяет воду.

**Смитсонит**  $\text{ZnCO}_3$ . Триг. с. Натечные формы и почковидные агрегаты. Тв. 4,5—5. Уд. в. 4,4. Цвет белый, зеленоватый, голубоватый. П. п. тр. не плавится. Смоченный раствором  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  после прокаливания в окислительном конусе приобретает зеленоватый цвет.

## VII

**Сидерит**  $\text{FeCO}_3$ . Триг. с. Кристаллы в виде ромбоэдров, иногда седловидно изогнутых, зернистые мраморовидные массы и шаровидные образования (сферосидериты), последние со значительным содержанием глинистого вещества. Сп. совершенная. Тв. 3,5—4,5. Уд. в. 3,8. Цвет желтовато-серый и бурый, иногда белый. П. п. тр. не плавится, чернеет и становится магнитным. Часто дает реакцию на Мп (с содой и селитрой — зеленый сплав).

## VIII

**Родохрозит**  $\text{MnCO}_3$ . Триг. с. Кристаллы редки, чаще встречается в виде сплошных зернистых масс и натечных образований. Сп. совершенная. Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,45—3,60. Цвет розовый. П. п. тр. не плавится, чернеет. В  $\text{HCl}$  при обыкновенной температуре разлагается медленно.

## IX

**Малахит**  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2[\text{CO}_3]$ . Мон. с. Образует натечные формы, налеты и землистые скопления. Иногда лучисто-жилковатый. Тв. 3,5—4. Уд. в. 4. Цвет зеленый. П. п. тр. плавится, окрашивая пламя в изумрудно-зеленый цвет. В закрытой трубке при нагревании чернеет и выделяет воду.

**Азурит**  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{CO}_3]_2$ . Мон. с. Кристаллы толстотаблитчатые или в виде коротких столбиков; также сплошные массы, лучистые агрегаты в виде желваков, землистые образования и налеты. Сп. совершенная. Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,7—3,8. Цвет лазуревосиний. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду.

## X

**Гипс**  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Мон. с. Кристаллы; жилковатые и мраморовидные массы. Сп. совершенная. Листочки по спайности гибкие. Тв. 1,5—2. Уд. в. 2,31—2,33. Цвет белый, розовый; иногда бесцветен. П. п. тр. мутнеет и сплавляется в белую эмаль. Окрашивает пламя в розово-красный цвет. В закрытой трубке при нагревании выделяет много воды.

**Сера S.** Ромб. с. Кристаллы, сплошные кристаллические и землистые массы, налеты и корочки. Сп. нет. Хрупкая. Тв. 2. Уд. в. 2. Цвет желтый, иногда темно-желтый. Блеск жирный. Электризуется при трении. Легко загорается от спички. Горит с образованием сернистого газа. Растворяется в сероуглероде.

**Ангидрит  $\text{CaSO}_4$ .** Ромб. с. Зернистые мраморовидные массы. Сп. совершенная по трем направлениям. Тв. 3,5. Уд. в. 2,90—2,98. Цвет голубоватый, реже фиолетовый и красноватый. Блеск стеклянный и перламутровый на плоскостях спайности. П. п. тр. плавится в белую эмаль. Окрашивает пламя в розово-красный цвет. Воды при нагревании не выделяет.

**Целестин  $\text{SrSO}_4$ .** Ромб. с. Кристаллы удлиненно-призматического вида; часто конкреции; иногда сплошные зернистые массы и прожилки волокнистого сложения. Сп. совершенная. Тв. 3,5. Уд. в. 3,97. Цвет голубоватый. П. п. тр. растрескивается и довольно легко плавится в молочно-белый шарик, окрашивая пламя в ярко-красный цвет.

**Барит (тяжелый шпат)  $\text{BaSO}_4$ .** Ромб. с. Таблитчатые и призматические кристаллы; сплошные зернистые и листоватого сложения массы. Сп. совершенная. Тв. 2,5—3. Уд. в. 4,3—4,6. Цвет белый, розовый, бурый и др. П. п. тр. растрескивается и закругляется в острых краях, окрашивая пламя в желтовато-зеленый цвет.

**Лазурит (ляпис-лазурь)  $\text{Na}_6\text{Ca}_2(\text{SO}_4, \text{Cl}, \text{S})[\text{AlSiO}_4]_6$ .** Куб. с. Кристаллы редки, обычно зерна и сплошные массы. Тв. 5,5. Уд. в. 2,4. Цвет синий. П. п. тр. плавится легко, со вскипанием, в белое стекло. В  $\text{HCl}$  быстро обесцвечивается, выделяет сероводород и разлагается с образованием студневидного кремнезема.

## XI

**Каинит  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .** Мон. с. Кристаллы и сплошные зернистые массы. Тв. 2,5—3. Уд. в. 2,07—2,19. Цвет разный, от бесцветного и белого до мясо-красного. Легко растворяется в воде. Окрашивает пламя в фиолетовый цвет. Дает реакцию на хлор. Выделяет воду. Водный раствор реагирует с фосфорно-аммиачной солью на магний.

**Калиевые квасцы  $\text{K Al}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .** Куб. с. Корки плотного и волокнистого сложения. Тв. 2—2,5. Уд. в. 1,7. Цвет белый. Легко растворяются в воде. В закрытой трубке при нагревании выделяют много воды. П. п. тр. на угле, смоченные раствором азотнокислого кобальта, после прокаливания дают синюю массу (тенарову синь). Из раствора аммиак выделяет гидрат окиси алюминия.

**Мирабилит  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .** Мон. с. Сплошные зернистые массы, корочки и выцветы. Тв. 1,5—2. Уд. в. 1,48. Цвет белый. Легко растворяется в воде. Горько-соленый на вкус. В закрытой трубке при нагревании выделяет много воды. Окрашивает пламя в желтый цвет. На сухом воздухе распадается в порошок.

**Тенардит  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .** Ромб. с. Зернистые массы, корочки и выцветы. Тв. 2—3. Уд. в. 2,7. Бесцветен. Легко плавится, окрашивая пламя в желтый цвет. В закрытой трубке при нагревании воды не выделяет. Вкус солоноватый.

**Эпсомит  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .** Ромб. с. Корочки, волокнистые и сплошные зернистые массы. Тв. 2—2,5. Уд. в. 1,7. Бесцветен. Горького вкуса. В закрытой трубке при нагревании выделяет много воды. Пла-

вится на угле, после чего смоченный  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  при повторном прокаливании окрашивается в телесный (мясо-красный) цвет.

**Кизерит**  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Мон. с. Сплошные зернистые массы. Тв. 3—3,5. Уд. в. 2,57. Цвет белый и желтоватый. При прокаливании с азотнокислым кобальтом дает реакцию на Mg. В закрытой трубке выделяет воду. Порошок кизерита, смоченный небольшим количеством воды, твердеет, подобно обожженному гипсу.

**Полигалит**  $\text{Ca}_2\text{MgK}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Мон. с. Сплошные зернистого и жилковатого сложения массы. Тв. 2,5—3. Уд. в. 2,7. Цвет мясо-красный. Легко плавится, окрашивая пламя в розово-красный цвет с фиолетовым оттенком. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду. Растворяется в воде с осаждением гипса.

## XII

**Реальгар**  $\text{AsS}$ . Мон. с. Друзы мелких кристаллов, зернистые и порошковатые образования, тонкие налеты. Тв. 1,5—2. Уд. в. 3,55. Цвет оранжево-красный. На угле в пл. п. тр. плавится, горит голубым пламенем и полностью улетучивается.

**Аурипигмент**  $\text{As}_2\text{S}_3$ . Мон. с. Зернистые агрегаты, налеты и порошковатые массы; нередкое чешуйчатый слюдоподобный. Сп. весьма совершенная в одном направлении. Листочки по спайности гибкие. Тв. 1,5—2. Уд. в. 3,5. Цвет золотисто-желтый.

**Прустит**  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ . Триг. с. Столбчатые и плоские кристаллы; сплошные массы и вкрапленники. Тв. 2—2,5. Уд. в. 5,5—5,6. Сп. нет. Цвет красноватый, просвечивает; в порошке светло-красный. Блеск алмазный. После прокаливания на угле остается хрупкий шарик, который с содой дает королек серебра.

**Теннантит**  $\text{Cu}_3(\text{As}, \text{Sb})\text{S}_3$ . Куб. с. Вкрапленности и сплошные зернистые массы. Тв. 4. Уд. в. 4,4—4,5. Цвет черновато-свинцово-серый. Черта темная красновато-серая. Блеск металлический. П. п. тр. на угле, вспучиваясь, легко плавится в темно-серый, часто магнитный шарик, из которого выплавляется медь.

**Глаукоdot**  $(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$ . Ромб. с. Кристаллы, подобные кристаллам арсенопирита, и сплошные массы. Тв. 5. Уд. в. 5,9—6. Цвет оловянно-белый с красноватым оттенком. Блеск металлический. П. п. тр. на угле дает слабо магнитный королек с шероховатой поверхностью, который при сплавлении с бурой на угле сначала придает стеклу окраску от Fe и затем, с новой порцией буры — окраску от Co.

**Кобальтин**  $\text{CoAsS}$ . Куб. с. Кристаллы в виде кубов и пентагон-додекаэдров, как у пирита; часто сплошные зернистые массы. Тв. 5,5. Уд. в. 6,3. Цвет слегка коричневатый. П. п. тр. на угле издает запах мышьяка и сплавляется в шарик.

**Арсенопирит**  $\text{FeAsS}$ . Мон. с. Кристаллы и сплошные зернистые массы. Сп. нет. Тв. 5,5—6. Уд. в. 5,9—6,2. Цвет оловянно-белый. Блеск металлический. В закрытой трубке при нагревании дает красный возгон  $\text{AsS}$  и темное зеркало металлического мышьяка. В восстановительном пламени сплавляется в друзовидный магнитный шарик.

**Герсдорфит**  $\text{NiAsS}$ . Содержит в виде примеси Fe и Co. Куб. с. Сплошные зернистые массы. Тв. 5,5. Уд. в. 5,95—6,60. Цвет серебрюно-белый. П. п. тр. плавится в шарик, который при сплавлении с бурой на угле сначала придает стеклу окраску от Fe, а при дальнейшей обработке — от Co и Ni.

### XIII

**Антимонит** (сурьмяный блеск)  $Sb_2S_3$ . Ромб. с. Призматические и игольчатые кристаллы; сплошные массы. Сп. совершенная по длине кристаллов. Тв. 2. Уд. в. 4,6. Цвет стально-серый. Блеск металлический. Плавится в пламени свечи, окрашивая пламя в зеленоватый цвет.

**Буланжерит**  $Pb_5Sb_4S_{11}$ . Иногда часть  $Sb$  замещается  $As$ . Ромб. с. Сплошные тонкозернистые и спутанноволокнистые массы. Тв. 3. Уд. в. 5,8—6. Цвет черновато-серый. Блеск металлический. П. п. тр. легко плавится. С  $KJ$  дает желто-зеленоватый налет  $PbJ_2$ .

**Джемсонит**  $Pb_2Sb_2S_5$ . Мон. с. Игольчатые и волосовидные кристаллы; плотноволокнистые и сплошные массы. Тв. 2—3. Уд. в. 5,5—6,0. Цвет стально-серый до темного свинцово-серого. Черта серовато-черная. Блеск металлический. П. п. тр. легко плавится. С  $KJ$  дает желто-зеленый налет  $PbJ_2$ .

**Бурнонит**  $PbCuSbS_3$ . Ромб. с. Кристаллы толстопризматические, короткие до таблитчатых. Характерны колесовидные двойники. Иногда сплошные массы и вкрапленники. Тв. 2,5—3. Уд. в. 5,0—5,86. Цвет стально-серый и железно-черный. Черта серовато-черная. Блеск сильный металлический. П. п. тр. на угле плавится, некоторое время дымится и затвердевает в черный королек, который при более сильном нагревании с  $KJ$  дает желто-зеленый налет  $PbJ_2$ . С содой выплавляется королек меди.

**Блеклая руда**  $Cu_3(Sb, As)_3S_3$ . Куб. с. Кристаллы — тетраэдры; чаще сплошные массы и вкрапленники. Сп. нет. Тв. 3—4,5. Уд. в. 4,5—5. Цвет стально-серый. Блеск тусклый, металлический. Черта черная до красновато-бурой. П. п. тр. легко сплавляется в шарик. В остатке после прокаливания определяется  $Cu$ .

**Пираргирит**  $Ag_3SbS_3$ . Триг. с. Кристаллы столбчатого вида; сплошные массы и вкрапленность. Сп. довольно ясная. Тв. 2,5. Уд. в. 5,75—5,85. Цвет темный, в порошке — вишнево-красный. Блеск алмазный (полуметаллический). Излом раковистый. После предварительного обжигания с содой дает королек серебра.

### XIV

**Галенит** (свинцовый блеск)  $PbS$ . Куб. с. Кристаллы и зернистые массы. Сп. совершенная по кубу. Тв. 2,5. Уд. в. 7,5. Цвет свинцово-серый. Блеск металлический. На угле легко выплавляется королек свинца.

**Англезит**  $PbSO_4$ . Ромб. с. Кристаллы редки, обычно зернистые массы. Сп. несовершенная. Тв. 3. Уд. в. 6,12—6,39. Водяно-прозрачен. Бесцветный, желтый, серый, бурый. П. п. тр. растрескивается. В окислительном пламени сплавляется в королек молочно-белого цвета.

**Айкиннит** — см. XV.

**Линарит** — см. XVII, б.

### XV

**Айкиннит**  $PbCuBiS_3$ . Ромб. с. Кристаллы игольчатые, продольно истрихованы; иногда сплошные массы. Тв. 2—2,5. Уд. в. 6,1—6,8. Цвет свинцово-серый, слегка желтоватый. Блеск металлический. П. п. тр. на угле плавится в хрупкий стально-серый шарик, реагирующий на медь.

С КJ дает, кроме ярко-красного налета  $\text{BiJ}_3$ , желто-зеленый налет  $\text{PbJ}_2$ .

**Висмутин** (висмутовый блеск)  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ . Ромб. с. Кристаллы удлиненные, призматические, напоминают антимонит. Сп. совершенная по длине кристаллов. Тв. 2. Уд. в. 6,5. Цвет оловянно-белый. Блеск металлический. П. п. тр. легко плавится, вскипая и разбрызгиваясь.

## XVI

**Сфалерит** (цинковая обманка)  $\text{ZnS}$ . Куб. с. Кристаллы и зернистые массы. Сп. совершенная по ромбододекаэдру (в шести направлениях). Тв. 3,5—4. Уд. в. 4. Цвет, в зависимости от содержания железа, от цвета канифоли и почти бесцветного до темно-бурого, почти черного. Черта белая, светло-желтая до коричневой. Блеск алмазный. П. п. тр. не плавится. В восстановительном конусе содержащиеся кадмий разновидности дают на угле сначала красновато-коричневый налет  $\text{CdO}$ , а затем белый налет  $\text{ZnO}$ .

**Госларит**  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Ромб. с. Натёки и корочки. Тв. 2—2,5. Уд. в. 2. Бесцветный и белый. На вкус вязущий. Плавится при первом нагревании и вздувается в неплавкую массу, которая после смачивания азотнокислым кобальтом и повторного прокалывания принимает яркий зеленый цвет.

## XVII

### а) Минералы с металлическим и металлоидным блеском

**Халькопирит**  $\text{CuFeS}_2$ . Тетр. с. Обычно сплошные массы и выделения среди других минералов. Сп. нет. Тв. 3,5—4. Уд. в. 4,2. Цвет латунно-желтый. Цвет черты зеленоватый. Блеск металлический. На угле плавится в магнитный шарик. Из обожженного минерала с содой восстанавливается королек меди.

**Борнит**  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ . Куб. с. Обычно в виде зерен и сплошных масс. Сп. нет. Тв. 3. Уд. в. около 5. Цвет томпаково-бурый. Пестрая побежалость. Блеск металлический. Реагирует подобно халькопириту.

**Халькозин**  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Ромб. с. Сплошные массы. Спайности нет. Тв. 2,5—3; несколько ковок. Уд. в. 5,7. Цвет свинцово-серый. Блеск металлический. На угле в пл. п. тр. сплавляется в шарик, вскипает и разбрызгивается. Тонкий порошок обожженного на угле минерала дает шарик меди при сильном накаливании в восстановительном конусе.

**Ковеллин**  $\text{CuS}$ . Сплошной и в виде побежалости. Тв. 1,5—2. Уд. в. 4,59. Цвет синий. Черта черная. Блеск полуметаллический. П. п. тр. горит голубым пламенем, распространяя запах сернистого газа, и сплавляется в шарик состава халькозина ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ).

### б) Минералы, не обладающие металлическим блеском

**Ковеллин** — см. выше в группе «а».

**Халькантит**  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Трикл. с. Корочки, натёки и выцветы; выполнения трещинок. Тв. 2,5. Уд. в. 2,3. Цвет синий. Растворяется в воде. Неприятного металлического вкуса. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду.

**Брошантит**  $\text{Cu}_4(\text{OH})_6[\text{SO}_4]$ . Ромб. с. Тонкожилковатого сложения почковидные агрегаты и прожилки. Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,78—3,9. Цвет изумрудно- или черновато-зеленый. Блеск стеклянный. Прозрачен или просвечивает. Растворим в аммиаке. В воде не растворяется. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду.

**Линарит**  $\text{PbCu}(\text{OH})_4[\text{SO}_4]$ . Мон. с. Кристаллы и корочки. Сп. совершенная. Тв. 2,5—3. Уд. в. 5,3—5,45. Цвет синий. Блеск алмазный. Прозрачен. В воде не растворяется. В закрытой трубке при нагревании выделяет в небольшом количестве воду. Изменяет окраску на серовато-белую при действии  $\text{HCl}$ . С  $\text{KJ} + \text{S}$  на угле дает налет  $\text{PbJ}_2$ .

**Антлерит**  $\text{Cu}_3(\text{OH})_4[\text{SO}_4]$ . Светло-зеленые налеты и землистые скопления. Тв. 3. Уд. в. 3,9. В воде не растворяется. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду.

## XVIII

### а) Минералы с металлическим блеском

**Пирротин** (магнитный колчедан)  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ . Гекс. с. Кристаллы редки, сплошные массы. Тв. 3,5—4,5. Уд. в. 4,6. Цвет бронзово-желтый. Магнитен. В закрытой трубке при нагревании не дает возгона. Соляной кислотой разлагается с выделением сероводорода.

**Пирит**  $\text{FeS}_2$ . Куб. с. Кристаллы в виде кубов, пентагондодокаэдров и др. Обычно сплошные зернистые образования. Сп. нет. Тв. 6,5. Уд. в. 5. Цвет соломенно-желтый. П. п. тр. горит голубым пламенем, распространяя запах сернистого газа. Сплавляется в магнитный шарик.

**Марказит**  $\text{FeS}_2$ . Ромб. с. Гребенчатые и копьевидные сростки, желваки, лучисто-шестоватые агрегаты и плотные массы. Тв. 6. Уд. в. 4,90. Цвет бронзово-желтый. По химическим реакциям не отличается от пирита, но легче выветривается.

### б) Минералы, не обладающие металлическим блеском

**Ярозит**  $\text{KFe}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$ . Триг. с. Корочки, плотные желваки и землистые массы. Тв. 2,5—3,5. Уд. в. 3,15—3,26. Цвет охряно-желтый, иногда буро-желтый. Черта желтая, блестящая. Растворяется в  $\text{HCl}$ . П. п. тр. в восстановительном пламени в щипчиках или на угле дает магнитную массу.

**Мелангерит**  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Мон. с. Натёки, сталактиты, сплошные массы. Тв. 2. Уд. в. 1,9. Цвет зеленый. П. п. тр. сильно вздувается. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду. В воде легко растворяется.

## XIX

**Алабандин**  $\text{MnS}$ . Куб. с. Обычно в сплошном виде. Сп. совершенная по кубу. Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,9—4,1. Цвет железно-черный. Черта грязно-зеленая. Блеск металлоидный. П. п. тр. на угле после предварительного обжигания с трудом сплавляется в бурый шлак. Растворяется в  $\text{HCl}$  с выделением сероводорода.

## XX

**Миллерит** NiS. Триг. с. Кристаллы тонкоигольчатые, волосовидные. Тв. 3—3,5. Уд. в. 5,26—5,65. Цвет соломенно-желтый до бронзово-желтого. Черта зеленовато-черная. Блеск металлический. П. п. тр. на угле легко плавится, искрясь, в магнитный шарик. В  $\text{HNO}_3$  разлагается, окрашивая жидкость в зеленоватый цвет.

## XXI

**Молибденит** (молибденовый блеск)  $\text{MoS}_2$ . Гекс. с. Слюдopodobные листоватые кристаллы. Сп. весьма совершенная в одном направлении, листочки гибкие. Тв. 1. Уд. в. 4,7. Цвет стально-серый. Черта голубоватая. Блеск металлический. В открытой трубке при нагревании выделяет  $\text{SO}_2$  и образует желтоватый кристаллический налет  $\text{MoO}_3$ . Неплавок. Окрашивает пламя в желтовато-зеленый цвет. На угле при прокаливании в тонком порошке дает белый налет  $\text{MoO}_3$ , который при мгновенной обработке восстановительным пл. п. тр. становится бархатно-голубым, а при более медленном действии — медно-красным.

## XXII

**Аргентит**  $\text{Ag}_2\text{S}$ . Куб. с. Кристаллы — кубы и октаэдры; корочки и сплошные массы. Сп. нет. Тв. 2,5. Уд. в. 7,3. Цвет свинцово-серый. Блеск металлический. Ковкий, стругается ножом. На угле дает королек серебра, блестящий, серебряно-белый, более твердый, чем королек свинца.

**Киноварь** — см. XXIII.

## XXIII

**Аммиачные квасцы**  $(\text{NH}_4)\text{Al}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . Выцветы и волокнистые пластинки на буром угле. Цвет белый. Тв. 2. На угле вспучиваются. В закрытой трубке при нагревании с содой выделяют аммиак (аммиачный запах и реакция с красной лакмусовой бумажкой, смоченной каплей воды). После прокаливании в окислительном конусе с  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  окрашиваются в яркий синий цвет. В закрытой трубке при нагревании выделяют много воды. Легко растворяются в воде.

**Алуноген**  $\text{Al}_2[\text{SO}_4]_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ . Корки и выцветы жилковатого сложения. Тв. 1,5—2. Цвет белый. Блеск шелковистый. При прокаливании с  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  в окислительном пламени приобретает яркую синюю окраску. В закрытой трубке при нагревании выделяет много воды. Легко растворяется в воде. Обладает вкусом квасцов.

**Алунит**  $\text{KAl}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$ . Триг. с. Плотные каменистые и рыхлые глиноподобные массы; иногда шаровидные конкрекции в каолине и песчаных глинах. Тв. 3,5—4. Уд. в. 2,58—2,75. Цвет белый или красноватый. В пл. п. тр. не плавится. Смоченный азотнокислым кобальтом и прокаленный в окислительном пламени становится синим. В  $\text{HCl}$  не растворяется. После прокаливании вода извлекает квасцы (реакция на  $\text{SO}_3$  с  $\text{BaCl}_2$ ).

**Киноварь**  $\text{HgS}$ . Триг. с. Кристаллы ромбоэдрической формы, часто двойники прорастания и сплошные зернистые массы. Заметна спайность. Тв. 2—2,5. Уд. в. 8—8,2. Цвет красный. Блеск алмазный. При

прокаливания в закрытой трубке с содой или с железными опилками выделяет металлическую ртуть, осаждающуюся в виде капель на холодных частях трубки.

**Лазурит** (ляпис-лазурь) — см. X.

#### XXIV

**Виллемит**  $Zn_2[SiO_4]$ . Триг. с. Зернистые и сплошные массы. Тв. 5,5. Уд. в. 3,89—4,18. Цвет белый, зеленовато-желтый, яблочно-зеленый, красноватый, желтовато-бурый. П. п. тр. плавится с трудом в белую эмаль. Порошок минерала на угле в восстановительном пламени дает белый налет  $ZnO$ , который после смачивания раствором  $Co(NO_3)_2$  и прокаливании в окислительном конусе приобретает зеленый цвет. В закрытой трубке при нагревании воды не выделяет.

**Каламин**  $Zn_4(OH)_2[Si_2O_7] \cdot H_2O$ . Ромб. с. Друзы тонких пластинчатых кристаллов. Сп. совершенная. Тв. 4,5—5. Уд. в. 3,4—3,5. Цвет белый, желтый; иногда бесцветен. П. п. тр. не плавится. На угле с содой дает желтовато-белый налет. Смоченный раствором  $Co(NO_3)_2$  и прокаленный в окислительном конусе налет окрашивается в зеленый цвет.

#### XXV

**Титанит**  $CaTiO[SiO_4]$ . Мон. с. Кристаллы плоские, клиновидные; сплошных масс обычно не образует. Сп. средняя. Тв. 5—5,5. Уд. в. 3,4—3,56. Цвет бурый, коричневый, реже зеленоватый и желтый до золотисто-желтого. Блеск алмазный. П. п. тр. плавится сравнительно легко, вспучиваясь, в желтое, бурое или черное стекло. Серной кислотой вполне разлагается. Получившийся раствор от капли перекиси водорода окрашивается в оранжево-желтый цвет (реакция на Ti). С фосфорной солью дает в восстановительном конусе перл, окрашенный титаном в фиолетовый цвет.

**Аширит** (диоптаз)  $Cu_6[Si_6O_{18}] \cdot 6H_2O$ . Триг. с. Кристаллы и кристаллические корочки. Сп. совершенная. Тв. 5. Уд. в. 3,28—3,35. Цвет изумрудно-зеленый. Прозрачен или просвечивает. П. п. тр. в окислительном пламени чернеет, в восстановительном — краснеет. Пл. п. тр. окрашивает в зеленый цвет. Растворяется в аммиаке. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду.

**Оливин**  $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$ . Ромб. с. Кристаллы и зерна, включенные в породу: зернистые массы. Тв. 6,5. Уд. в. 3,21—4,14. Цвет от бледно-желтовато-зеленого до темно-зеленого и черного. П. п. тр. не плавится, за исключением сильно железистых разновидностей. С бурой и фосфорной солью дает перл, окрашенный железом в зеленовато-желтый цвет.

**Гранаты:** андрадит, альмандин, спессартин — образуют хорошо ограниченные кристаллы в виде ромбододекаэдров и тетрагонтриоктаэдров или сплошные массы. После сплавления дают более отчетливую реакцию на студнеобразную кремнекислоту.

**Андрадит**  $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$  — бурый, зеленовато-бурый и темно-бурый. Дает реакцию на железо.

**Альмандин**  $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$  — вишнево-красный; реакция на железо; в растворе после сплавления с содой определяется алюминий.

**Спессартин**  $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$  — светло-розовый; реакция на марганец с бурой или фосфорной солью; с содой дает зеленый сплав.

**Содалит**  $\text{Na}_8\text{Cl}_2[\text{AlSiO}_4]_6$ . Куб. с. Кристаллы редки, обычно зернистые массы. Сп. более или менее совершенная. Тв. 5,5. Уд. в. 2,3. Цвет синий, серый, зеленоватый. П. п. тр. сплавляется в прозрачное бесцветное стекло. При сплавлении с фосфорной солью и окисью меди окрашивает пламя в лазуревый цвет (Cl). В азотнокислом растворе от прибавления  $\text{AgNO}_3$  получается осадок  $\text{AgCl}$ .

**Лазурит (ляпис-лазурь)** — см. X.

**Канкринит** — см. III.

**Датолит**  $\text{CaB}(\text{OH})[\text{SiO}_4]$ . Мон. с. Кристаллы богатые гранями, натечные и шаровидные формы. Сп. несовершенная. Тв. 5—5,5. Уд. в. 2,9—3. Бесцветный или зеленовато-серого, или желтоватого цвета. Легко сплавляется, вздуваясь, в прозрачный светлый шарик, окрашивая пламя в зеленый цвет. С  $\text{HCl}$  образует студень. Если налить на студень спирту и зажечь, то спирт будет гореть зеленым пламенем.

**Воластонит**  $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ . Мон. с. Плоские, табличеобразные кристаллы; чаще лучисто-шестоватые агрегаты. Сп. совершенная. Тв. 4,5—5. Уд. в. 2,8—2,9. Цвет белый. П. п. тр. плавится с трудом, при этом окрашивает пламя в розовато-красный цвет. Полученное плавлением бесцветное полупрозрачное стекло обладает щелочной реакцией. Из солянокислого раствора, после отделения  $\text{SiO}_2$ , от добавления углекислого аммония выпадает обильный осадок  $\text{CaCO}_3$ .

**Ортит**  $(\text{Ca}, \text{Ce})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$ . Мон. с. Кристаллы таблитчатые. Тв. 5,5—6. Уд. в. около 4. Цвет смоляно-черный. Черта бурая. П. п. тр. сильно вздувается и легко сплавляется в объемистое буроватое или черноватое стекло. Раствор в  $\text{HCl}$  после отделения кремнезема дает с аммиаком значительный осадок, который после прибавления достаточного количества щавелевой кислоты растворяется, оставляя белый остаток. Если остаток прокалить, извлечь разведенной  $\text{HCl}$  углекислую известь и оставшуюся массу вновь прокалить, то получается вещество кирпично-красного цвета (окись церия).

**Нефелин**  $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ . Гекс. с. Мелкие призматические кристаллы и зернистые агрегаты. Элеолит — массивная разновидность, с жирным блеском, без спайности. Тв. 5,5—6. Уд. в. 2,5—2,6. Бесцветный, серый, красноватый. Перед ш. тр. плавится с трудом (нефелин) или легко (элеолит) в бесцветное пузыристое стекло. Из солянокислого раствора после отделения  $\text{SiO}_2$  и прибавления аммиака выпадает осадок  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; при испарении раствора садятся мелкие кубики  $\text{NaCl}$ , видимые при увеличении.

**Гранаты: гроссуляр, пироп** — образуют хорошо ограненные кристаллы в виде ромбододекаэдров и тетрагонтриоктаэдров. Тв. 7. После сплавления дают более отчетливую реакцию на студнеобразную кремнекислоту.

**Гроссуляр**  $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$  — светло-зеленый, легко плавится.

**Пироп**  $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$  — темный кроваво-красный, плавится сравнительно трудно в черное немагнитное стекло.

**Натролит**  $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Ромб. с. Кристаллы длиннопризматические до игольчатых; часто образуют плотные радиально-лучистые, жилковатые корочки и прожилки; иногда сплошные зерни-

стые агрегаты. Сп. совершенная. Тв. 5—5,5. Уд. в. 2,2. Цвет белый. Плавится спокойно, без заметного вспучивания или вздувания в водно-прозрачное пузыристое стекло.

**Томсонит**  $\text{Ca}_2\text{Na}[\text{Al}_5\text{Si}_5\text{O}_{20}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Ромб. с. Лучисто-жилковатые агрегаты. Тв. 5—5,5. Уд. в. 2,3—2,4. Цвет белый. Сплавляется в пузыристый шлак вида молочного стекла.

**Ломонтит**  $(\text{Ca}, \text{Na}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Мон. с. Столбчатые и радиальнолучистые агрегаты. Тв. 3—3,5. Уд. в. 2,2—2,3. Цвет белый и желтоватый. Сплавляется спокойно или слабо пузырясь в фарфоровидное стекло.

**Сколецит**  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Мон. с. Лучисто-жилковатые агрегаты. Тв. 5—5,5. Уд. в. 2,2—2,4. Цвет белый. Сплавляется в щипчиках, искривляясь и извиваясь, в пузыристое стекло. На угле с трудом спекается в пузыристый непрозрачный шлак.

## XXVIII

**Лепидолит**  $\text{KLi}_2\text{Al}(\text{F}, \text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ . Мон. с. Мелкокристаллическая слюда, часто в плотных массах. Спайность весьма совершенная. Тв. 2. Уд. в. 2,8—2,9. Цвет красновато-фиолетовый. П. п. тр. легко сплавляется, вспучиваясь, в белое стекло.

**Циннвальдит**  $\text{KLiFeAl}(\text{F}, \text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ . Мон. с. Слюда; образуют оторочки в кварцевых жилках с оловянным камнем. Сп. весьма совершенная. Тв. 2,3. Уд. в. 2,9—3,1. Цвет стально-серый. П. п. тр. легко плавится. Дает реакцию на железо.

**Сподумен**  $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Мон. с. Кристаллы призматические, удлиненные; вкрапленники в породе. Сп. совершенная. Тв. 6,5—7. Уд. в. 3,13—3,20. Цвет от светло-зеленого до изумрудно-зеленого, желтый, красноватый. П. п. тр. легко плавится. При прокаливании распадается в порошок.

## XXIX

**Родонит**  $\text{MnSiO}_3$ . Трикл. с. Кристаллы редки; зернистые и плотные массы. В кристаллах спайность совершенная. Тв. 5,5—6,5. Уд. в. 3,4—3,68. Цвет розовый. Часто пронизан черными прожилками и пятнами окислов Mn. П. п. тр. легко плавится со слабым вспучиванием. С бурой дает реакцию на Mn.

**Актинолит**  $\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Mg})_5(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$ . Удлиненные до игольчатых призматические кристаллы; часто сплошные массы. Сп. совершенная. Тв. 5,5—6. Уд. в. до 3,17. Цвет зеленый и темно-зеленый. Плавится спокойно в серое или сероватое стекло. В восстановительном пламени дает магнитный шлак.

**Нефрит** — см. актинолит. Плотная, скрытокристаллическая разновидность актинолита. Цвет темно-зеленый.

**Роговая обманка**. Состав сложный; содержит, кроме  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , также  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и др. Удлиненные кристаллы и сплошные массы. Сп. совершенная. Тв. 5—6. Уд. в. 3,2. Цвет темно-зеленый до черного. Легко плавится, пузырясь, в черное стекло. После прокаливания в восстановительном конусе приобретает магнитные свойства.

**Эгирин**  $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Мон. с. Удлиненные до игольчатых кристаллы и сплошные массы. Тв. 6. Уд. в. 3,4—3,6. Цвет зеленовато-черный.

П. п. тр. легко плавится в черный магнитный шарик; окрашивая пламя в желтый цвет.

**Акмит** — см. эгирин. Цвет коричневый или красновато-коричневый.

**Бронзит**  $(Mg, Fe)[Si_2O_6]$ . Ромб. с. Обычно в виде зерен в составе породы. Сп. совершенная. На плоскости спайности характерный металлический блеск. Тв. 4—5. Цвет буроватый, желтоватый. П. п. тр. не плавится или плавится с трудом.

**Геденбергит**  $CaFe[Si_2O_6]$ . Иногда содержит много  $MnO$ . Мон. с. Кристаллы и сплошные кристаллические массы. Сп. ясная, до совершенной. Тв. 5. Уд. в. 3,55. Цвет черный или темно-зеленый. П. п. тр. плавится в черное магнитное стекло. Марганцовистые разности дают реакцию на  $Mn$  с перлом буры в восстановительном пл. п. тр. и в сплаве соды с селитрой (зеленый цвет).

**Авгит**. Реагирует подобно геденбергиту. Отличается содержанием  $MgO$ ,  $Al_2O_3$  и  $Na_2O$ .

**Слюды**: биотит и циннвальдит. Кристаллы чешуйчатые и листоватые. Сп. весьма совершенная. Листочки упругие. Тв. 2—2,5.

**Биотит**  $K(Mg, Fe)_3(OH)_2[Al, Fe]Si_3O_{10}]$ . Цвет черный; плавится тем легче, чем богаче железом. При прокаливании окрашивает пл. п. тр. в фиолетовый цвет.

**Циннвальдит** — см. XXVIII. Пл. п. тр. окрашивает в красный цвет.

**Турмалин**. Сложный бороалюмосиликат. Триг. с. Кристаллы удлиненные, призматические, также сплошные массы. Сп. нет. Тв. 7,5. Уд. в. 3,1—3,2. Цвет черный, просвечивает в тонких пластинках. П. п. тр. легко плавится, вздуваясь, в зелено-серое, иногда черное стекло. При сплавлении со смесью  $CaF_2$  и кислого сернокислого калия окрашивает пламя в зеленый цвет (реакция на бор).

**Аксинит**. Бороалюмосиликат кальция, обычно содержит  $FeO$  и  $MnO$ . Трикл. с. Плоские остросреберчатые кристаллы, также скорлуповатые и пластинчатые агрегаты. Тв. 6,5—7. Уд. в. 3,29—3,3. Цвет печенково-бурый, дымчатый, фиолетовый. Прозрачен или просвечивает. Легко плавится, вспучиваясь, в темно-зеленое стекло, которое, истертое в порошок, с  $HCl$  образует студень. С бурой дает перл, окрашенный железом. С содой дает реакцию на марганец, а со смесью  $(CaF_2 + KHSO_4)$  — на борную кислоту (зеленая окраска пламени).

### XXX

**Скаполит**  $mNa_4Cl[AlSi_3O_8]_3 + nCa_4(CO_3, SO_4)[Al_2Si_2O_8]_3$ . Тетр. с. Призматические кристаллы и сплошные массы. Сп. ясная до совершенной. Тв. 5—5,5. Уд. в. 2,6—2,8. Цвет белый и серый. Плавится, пенясь, в белое пузыристое стекло.

**Дистен (кианит)**  $Al_2O_3[SiO_4]$ . Трикл. с. Кристаллы удлиненные, пластинчатые. Сп. совершенная. Тв. 4 или 6 — по двум направлениям на плоскости спайности. Уд. в. 3,5—3,7. Синий, бесцветный, желтоватый, серый. П. п. тр. не плавится. Дает реакцию на  $Al$  с  $Co(NO_3)_2$ .

**Топаз**  $Al_2F_2[SiO_4]$ . Ромб. с. Призматические кристаллы и зернистые массы. Сп. совершенная в одном направлении. Тв. 8. Уд. в. 3,4—3,6. Бесцветный, желтый, красноватый, голубоватый, зеленоватый. П. п. тр. не плавится. Кислоты не действуют. Дает реакцию на  $Al$  с  $Co(NO_3)_2$ .

**Полевые шпаты**: ортоклаз, микроклин, альбит, лабрадор, анортит.

Мон. и трикл. с. Образуют кристаллы, вкрапленники в породе и сплошные зернистые массы. Сп. совершенная в двух направлениях. Тв. 6. Уд. в. 2,5—2,7. Плавятся с трудом.

Ортоклаз  $K[AlSi_3O_8]$ . Мон. с. Цвет белый, желтый, красноватый. Уд. в. 2,5. При прокаливании в пл. п. тр. окрашивает пламя в фиолетовый цвет, что хорошо видно через синее стекло. Разновидности: адуляр — водяно-прозрачный и санидин — стекловидный, трещиноватый.

Микроклин  $K[AlSi_3O_8]$ . Трикл. с. Цвет зеленый (амазонит) и серый.

Альбит  $Na[AlSi_3O_8]$ . Трикл. с. Водяно-прозрачные мелкие таблитчатые кристаллы; сахаровидные кристаллические массы белого цвета, листоватые агрегаты. Уд. в. 2,6. Плавится легче других полевых шпатов, окрашивая пламя в яркий желтый цвет.

Лабрадор — натрово-кальциевый полевой шпат. На плоскостях спайности часто наблюдается иризация — игра цветов синего и зеленого — и тонкая двойниковая штриховка.

Анортит  $Ca[Al_2Si_2O_8]$  — в отличие от предыдущих легко разлагается в  $HCl$ . Уд. в. 2,75.

Тремолит  $Ca_2Mg_5(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$ . Мон. с. Кристаллы удлиненные призматические. Сп. совершенная с шелковистым блеском на поверхности разлома. Тв. 5—6. Уд. в. 2,9—3. Цвет светло-зеленоватый. Сплавляется, вздуваясь и вскипая, в белое или слабо окрашенное стекло.

### XXXI

Топаз — см. XXX.

Андалузит  $Al_2O[SiO_4]$ . Ромб. с. Кристаллы столбчато-призматические. Тв. 7,5. Уд. в. 3,16—3,21. Цвет розовый, серый. П. п. тр. не плавится. Кислоты не действуют.

Силлиманит  $Al[AlSiO_5]$ . Ромб. с. Шестоватые кристаллы и волокнистые массы. Тв. 6—7. Уд. в. 3,23. Бесцветный, серый, светло-коричневый.

Лейцит  $K[AlSi_2O_6]$ . Псевдокубический. Кристаллы одиночные в форме тетрагонтриоктаэдров. Тв. до 6. Уд. в. 2,5. Цвет белый и серый. П. п. тр. не плавится. Легко разлагается в  $HCl$  с выделением порошкового кремнезема.

### XXXII

Титанит — см. XXV.

Аксинит — см. XXIX.

Тремолит — см. XXX. Разности: плотная скрытокристаллическая — нефрит, волокнистая — тремолитовый асбест.

Диопсид  $CaMg[Si_2O_6]$ . Содержит Fe. Мон. синг. Кристаллы призматического вида, зернистые массы и вкрапленники в породе. Цвет зеленый и темно-зеленый. Богатые Fe разности обнаруживают заметную плавкость.

### XXXIII

Циркон  $Zr[SiO_4]$ . Тетр. с. Кристаллы мелкие, одиночные, вкрапленные в породе, хорошо образованные. Сп. нет. Тв. 7,5. Уд. в. 4,68—4,70. Цвет от светло-желтого до темно-коричневого. Блеск алмазный.

П. п. тр. не плавится, становится бесцветным.  $\text{HCl}$  и  $\text{HNO}_3$  не действуют.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  разлагает циркон в тонком порошке.

**Берилл**  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ . Гекс. с. Кристаллы удлиненные призматические, гексагональные. Сп. по базису не всегда ясная. Тв. 7,5—8. Уд. в. 2,6—2,8. Бесцветный, белый, желтоватый, зеленоватый. П. п. тр. почти не плавится. Разновидности: изумруд — ярко-зеленый, прозрачный; аквамарин — синевато-голубоватый.

**Фенакит**  $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$ . Триг. с. Кристаллы укороченные в виде тупых ромбоэдров, иногда с гексагональной призмой. Сп. нет. Тв. 7,5—8. Уд. в. 2,9—3. Бесцветный, желтоватый, красноватый. П. п. тр. не плавится. Смоченный раствором  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  при прокаливании окрашивается в синевато-серый цвет.

**Турмалин**. Сложный бороалюмосиликат. Триг. с. Кристаллы удлиненные призматические, часто одиночные, иногда в виде лучистых агрегатов. Сп. нет. Тв. 7,5—8. Уд. в. 3,1. Бесцветный, розовый, зеленоватый и других цветов. Светлые разновидности почти неплавки. При сплавлении со смесью  $\text{CaF}_2$  и кислого сернокислого калия окрашивает пламя в зеленый цвет (реакция на бор).

**Топаз** — см. XXX.

**Кварц**  $\text{SiO}_2$ . Триг. с. Кристаллы обычно удлиненные, гексагонально-призматические; также сплошные массы. Сп. нет. Тв. 7. Уд. в. 2,6. Бесцветный прозрачный (горный хрусталь), фиолетовый (аметист), дымчатый (морин), розовый, желтый (цитрин), красный (железистый) и др. П. п. тр. не плавится.

**Халцедон**  $\text{SiO}_2$ . Скрытокристаллическая разновидность кварца. Образует желваки, натёки, прожилки и др. Тв. 7. Уд. в. 2,6. Серый, синеватый, розовый, красный, бурый и других цветов. П. п. тр. не плавится. Разновидности: агат, яшма, роговик, кремь.

**Агат** — полосатый халцедон.

**Яшма** — окремнелая плотная порода, обычно разнообразно и ярко окрашенная: синяя, зеленая, сургучная, ленточная (полосатая), фигурная и др.

**Роговик** — окремнелая порода светло-серого или черного цвета.

**Кремь** — непрозрачный, черный или бурый, часто в виде желваков с жёдами — в глинах, мелах, известняках.

**Диопсид**  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Мон. с. Кристаллы призматического вида; белые зернистые сахаровидные массы и вкрапленники в породе. Тв. 6. Уд. в. 3,2. Цвет белый, серый, зеленоватый. Светлоокрашенные разновидности диопсида плавятся с трудом.

**Кордиерит**  $\text{Mg}_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$ , содержит  $\text{FeO}$ . Ромб. с. Кристаллы призматические, гексагонального вида; часто сплошной. Сп. не вполне ясная. Тв. 7—7,5. Уд. в. 2,60—2,66. Цвет синий разных оттенков и желтовато-серый. Плавится с трудом. Кислоты действуют слабо.

**Ставролит**  $2\text{Al}_2\text{O}_3[\text{SiO}_4] \cdot \text{Fe}(\text{OH})_2$ . Ромб. с. Кристаллы призматические, крестовидные сростки. Наблюдаются признаки спайности. Тв. 7—7,5. Уд. в. 3,7. Цвет красновато-бурый. П. п. тр. не плавится, за исключением разновидностей, содержащих  $\text{Mn}$ , которые легко сплавляются в магнитное стекло.

#### XXXIV

**Хризоколла**  $\text{CuCu}_3(\text{OH})_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Скрытокристаллическая, опаловидная; образует натёки. Тв. 4. Уд. в. 2,3. Цвет зеленый и голубоватый. Блеск стеклянный. П. п. тр. растрескивается, окрашивая

пламя в изумрудно-зеленый цвет, но не плавится. С перлом буры реагирует на медь. Кислотами разлагается, выделяя порошковатую кремневую кислоту.

**Гарниерит**  $Ni_4(OH)_4[Si_4O_{10}] \cdot 4H_2O$ . Натски, скрытокристаллические и землистые массы. Тв. 2,5—3,5. Уд. в. 2,3—2,8. Цвет яркий яблочно-зеленый и бледно-зеленый. В восстановительном пламени окрашивает перл буры в коричнево-красный цвет.

**Серпентин**  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ . Скрытокристаллический, сплошной. Тв. 2,5—4. Уд. в. 2,5—2,7. Цвет зеленый до темно-зеленого. П. п. тр. плавится с трудом в тонких краях. С перлом буры дает реакцию на железо. В закрытой трубке выделяет воду. Порошок серпентина вполне разлагается  $HCl$  и  $H_2SO_4$  без образования студня.

**Глауконит**. Водный алюмосиликат Fe и K. Аморфный, напоминает землистые хлориты. С перлом фосфорной соли дает реакцию на Fe.

**Циннвальдит** — см. XXVIII.

**Биотит**. Магнезиально-железистая слюда. Сп. весьма совершенная. Тв. 2—3. Уд. в. 2,8—3,2. Цвет черный; просвечивает бурым или зеленым цветом. П. п. тр. белеет и оплачивается по краям.

**Лепидомелан**. Железистая слюда, близкая к биотиту, отличается высоким содержанием FeO. Тв. 3. Уд. в. 3,1. Цвет черный.

**Вермикулит**. Гидратизированная Mg-Fe слюда. Листочки зеленоватого цвета, мягкие, гибкие и неупругие. При слабом накаливании сильно вспучивается, расщепляясь на листочки. При нагревании в закрытой трубке выделяет много воды.

**Хлориты**. Слюдоподобные минералы. Состав отвечает различным соотношениям  $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$  и  $Mg_4Al_2(OH)_8[Al_2Si_2O_{10}]$ , содержит примесь железа. Сп. весьма совершенная. Листочки гибкие, но не упругие. Тв. 2—2,5. Уд. в. 2,6—2,96. Цвет от светло- до темно-зеленого. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду. П. п. тр. белеют и с трудом сплавляются по краям в серовато-черную эмаль. С перлами реагируют на железо. Разновидности: хромовые хлориты, фиолетового цвета, дают с перлом буры реакцию на хром.

**Хлоритоид**  $(Fe, Mg)_2Al_2(OH)_4[Al_2Si_2O_{10}]$ . Мон. с. Агрегаты пластинчатых кристаллов. Сп. весьма совершенная. Тв. 6,5. Уд. в. 3,52—3,57. Цвет зеленовато-серый и зеленовато-черный. Черта бесцветная или слегка зеленоватая. П. п. тр. почти не плавится. С перлами реагирует на железо. При нагревании в закрытой трубке выделяет немного воды.

**Эпидот**  $Ca_2(Al, Fe)_3O(OH)[Si_2O_7]$ . Мон. с. Кристаллы призматические, напоминают турмалин, но по сравнению с ним заметно уплощены; иногда сплошные массы. Сп. средняя. Тв. 6—6,5. Уд. в. 3,25—3,37. Цвет фисташково-зеленый до темно-зеленого. П. п. тр. легко плавится, вспучиваясь и пенясь, в пузыристую шлаковидную массу черного или темно-бурого цвета. После сплавления легко разлагается  $HCl$  с выделением слизистого кремнезема. С перлами реагирует на железо.

**Везувиан**. Силикат алюминия и кальция. Иногда содержит значительное количество железа, чаще беден железом. Тетр. с. Образует хорошо выраженные кристаллы и сплошные зернистые массы. Сп. не совершенная. Тв. 6,5. Уд. в. 3,35—3,45. Цвет зеленовато-желтый и бурый до зеленого. Легко плавится, вспучиваясь, в зеленоватое или бурое стекло, после чего с  $HCl$  образует студень. С перлами реагирует на железо.

**Цоизит**  $\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$ . Ромб. с. Удлиненные кристаллы, чаще шестоватые агрегаты. Сп. средняя. Тв. 6—6,5. Уд. в. 3,25—3,37. Цвет серовато-белый. Разновидность: тулит розового цвета. П. п. тр. вспучивается и легко плавится в пузыристую шлаковидную массу белого или желтого цвета. После прокаливания легко разлагается HCl с выделением слизистого кремнезема.

**Везувиан** — см. XXXIV.

**Пренит**  $\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_3\text{O}_{10}]$ . Ромб. с. Друзы, корочки, шаровидные и другие сростки лучисто-жилковатого сложения. Тв. 6—6,5. Уд. в. 2,8—2,95. Цвет желтовато-зеленоватый; иногда бесцветен. П. п. тр. легко плавится, вспучиваясь, в пузыристое стекло, после чего вполне разлагается в HCl с выделением слизистого кремнезема.

## XXXVI

**Тальк**  $\text{Mg}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ . Встречается в виде листовато-кристаллических и сплошных скрытокристаллических масс. Сп. весьма совершенная. Листочки гибкие. Жирный на ощупь. Тв. 1. Уд. в. 2,7—2,8. Цвет светло-зеленый до белого. П. п. тр. плавится с трудом в тонких краях. Кислоты не действуют. С  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  дает реакцию на Mg.

**Пирофиллит**  $\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ . Мон. с. Лучисто-листоватый, в виде сферолитов и сплошной талькоподобный. Сп. весьма совершенная. Гибкий в тонких листочках. Жирный на ощупь. Тв. 1. Уд. в. 2,8—2,9. Цвет белый и яблочно-зеленый. Блеск перламутровый. Напоминает тальк. П. п. тр. вспучивается и образует листоватые выросты. Кислоты действуют слабо. С  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  дает реакцию на Al.

**Каолинит**  $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ . Снежно-белый, рыхлый, землистый. Обычны примеси, окрашивающие каолины в разные цвета. Тв. 1. Уд. в. 2,6. Белый, желтоватый, серый и других цветов. При замешивании с водой образует тесто и издает характерный запах глины. П. п. тр. не плавится. С  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  дает реакцию на алюминий.

**Серпентин** — см. XXXIV.

**Хризотил-асбест** (асбест змеевиковый)  $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ . Тонковолокнистый; волокна мягкие. Тв. 2,5—4. Уд. в. 2,5—2,7. Цвет желтовато-зеленоватый. Блеск мерцающий, шелковистый. Реагирует как серпентин.

**Мусковит**  $\text{KAl}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ . Мон. с. Кристаллы в виде табличек и листочков. Сп. весьма совершенная. Тв. 2—3. Уд. в. 2,7—3,1. Бесцветный, сероватый, желтоватый, зеленоватый, красноватый. П. п. тр. плавится трудно. Смоченный, после предварительного прокаливании, раствором азотнокислого кобальта при повторном прокаливании приобретает синий цвет.

**Лепидолит** — см. XXVIII.

**Десмин**  $(\text{Na}_2, \text{Ca})[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Мон. с. Характерные сноповидные группы кристаллов. Сп. средняя. Тв. 3,5—4. Уд. в. 2,09—2,20. Цвет белый или бесцветен. В пл. п. тр. делается матовым и непрозрачным; вздувается и сплавляется, расщепляясь и извиваясь в пузыристое стекло. С HCl выделяет порошкообразный или слизистый кремнезем.

**Шабазит**  $(\text{Ca}, \text{Na}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Триг. с. Кристаллы в виде ромбоэдров, напоминающих кубы, часто в двойниковом прорастании.

Сп. несовершенная. Тв. 4—4,5. Уд. в. 2,07—2,15. Бесцветен и желтоватого цвета. При нагревании в колбочке растрескивается, но остается светлым. П. п. тр. вздувается и с трудом плавится в пузыристое опаловидное стекло. С HCl выделяет слизистый кремнезем.

**Анальцит**  $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Куб. с. Кристаллы тетрагонтриоктаэдры и комбинации куба с тетрагонтриоктаэдром. Сп. неясная. Тв. 5,5. Уд. в. 2,1—2,28. Бесцветный, иногда мясо-красный. При нагревании в закрытой трубке делается опаловидным и сохраняет блеск. П. п. тр. при первом действии пламени, которое при этом окрашивается в желтый цвет, становится мутным, но потом, при начинающемся плавлении, вновь делается водяно-прозрачным и сплавляется, не вздуваясь, в стекловидный малопузырчатый шарик. С HCl выделяет слизистый кремнезем.

**Апофиллит**  $\text{KCa}_4\text{F}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ . Тетр. с. Бипирамидальные кристаллы и скорлуповатые агрегаты. Сп. совершенная. Тв. 4,5—5. Уд. в. 2,3—2,4. Бесцветен или розового цвета. Блеск на гранях спайности перламутровый. При прокаливании в пл. п. тр. становится матовым, окрашивает пламя в фиолетовый цвет и легко плавится, пенясь, в пузыристый стекловидный шарик. В HCl разлагается с выделением слизистого кремнезема в виде студенистых комочков.

**Опал**  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Аморфный. Натёки и сплошные массы. Тв. 5,5. Уд. в. около 2. Неплавок. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду. Сплавляется с шипением с содой и дает прозрачное стекло. Разновидности опала:

Благородный опал — отличается красивой игрой цветов.

Огненный опал — полупрозрачный, красного или желтого цвета.

Гиалит — водяно-прозрачный.

Молочный опал — молочно-белый.

Деревянистый опал — буроватый или желтоватый, псевдоморфоза по дереву.

Кремнистая накипь, гейзерит, кремнистый туф — отложения горячих источников.

Трепел, диатомит — мучнистые белые массы, кремневые остатки микроорганизмов.

Полировальный сланец — сланцеватые скопления скелетных кремневых частей организмов.

## XXXVII

**Золото** Au. Куб. с. Кристаллы редки, чаще в виде листочков, пластинок, чешуек, зерен и древовидных образований. Ковкое. Тв. 2,5—3. Уд. в. до 19. Не растворяется ни в HCl, ни в  $\text{HNO}_3$ . Плавится в пл. п. тр.

**Медь** Cu. Куб. с. Ветвистые сростки кристаллов, пластинки, желваки. Тв. 2,5—3. Уд. в. 8,5. Плавится в пл. п. тр. Растворяется в слабой  $\text{HNO}_3$ ; от аммиака раствор приобретает голубую окраску.

**Серебро** Ag. Куб. с. Ветвистые формы. Тв. 2,5—3. Уд. в. до 11. Плавится в пл. п. тр. Растворяется в  $\text{HNO}_3$ . Из азотнокислого раствора HCl выделяет белый хлопьевидный осадок, растворяющийся в аммиаке.

**Платина** Pt. Куб. с. Встречается в виде зерен в россыпях и мелкой вкрапленности в породах. Тв. 4—4,5. Уд. в. до 19. Цвет белый. В пл. п. тр. не плавится. Растворяется только в нагретой царской водке. Разновидность: железистая платина — темная, магнитная.

**Осмистый иридий** (Ir, Os). Триг. с. Встречается в виде плоских зерен в россыпях. Не вполне ковкий. Упругий — зерна осмистого иридия высоко подпрыгивают при бросании на стекло (отличие от платины) Тв. 6—7. Уд. в. до 21. Цвет серебрино-белый. П. п. тр. при прокаливании с селитрой отделяются пары осмиевой кислоты.

**Иридий осмий** (Os, Ir). Сходен с осмистым иридием. Отличается более темным цветом и тем, что отделяет пары осмиевой кислоты непосредственно при нагревании в пл. п. тр.

**Висмут** Вi. Триг. с. Древовидные и перистые формы, вкрапленники и сплошные мелкозернистые массы. Не вполне ковкий. Сп. совершенная. Тв. 2—2,5. Уд. в. 9,7—9,8. Цвет серебрино-белый с красноватым оттенком. П. п. тр. легко плавится. На угле с KJ+S дает красный налет  $BiJ_3$ . Растворяется в  $HNO_3$ .

**Железо самородное** Fe. Куб. с. Включения в породе (метеоритах) и сплошные массы. Ковкое. Тв. 4,5. Уд. в. 7,3—7,8. Цвет стально-серый до железно-черного. Сильно магнитно. Метеоритное железо обычно содержит никель (реакция с диметилглиоксимом).

### XXXVIII

**Сера S.** Ромб. с. Кристаллы, сплошные кристаллические и землистые массы, налеты и корочки. Сп. нет. Хрупкая. Тв. 2. Уд. в. 2. Цвет желтый, иногда темно-желтый. Блеск жирный. Электризуется при трении. Легко загорается от спички. Горит с образованием сернистого газа. Растворяется в сероуглероде.

**Янтарь**  $C_{10}H_{16}O_4$ . Аморфный. Встречается в виде округлых кусков и наплывов. Тв. 2—2,5. Уд. в. 1,05—1,09. Цвет желтый, краснобурый, белый, молочный. Плавится в пламени свечи, загорается и горит, распространяя приятный запах.

**Асфальт.** Смесь различных углеводородов. Полужидкий и вязкий до твердого, часто пропитывает породу. Тв. 1—2. Уд. в. 1,1—1,2. Смоляно-черный. Пахнет нефтяными продуктами. Липок. На пламени свечи легко плавится, горит светящимся пламенем.

**Озокерит** (горный воск). Смесь высших углеводородов парафинового ряда. Цвет желтый и бурый, зеленоватый. Горит ярким пламенем, издавая ароматический запах. Легко растворяется в скипидаре и бензоле, трудно — в спирте и эфире.

**Бурый уголь.** Состав изменчивый, часто много примесей. Сплошные массы. Тв. 2—2,5. Уд. в. 1,2—1,3. Цвет бурый до буровато-черного. Окрашивает раствор щелочи (KOH) в бурый цвет. При перегонке выделяет большое количество жидких и летучих веществ. Загорается от спички.

**Каменный уголь.** В основном углерод. Аморфный. Сплошные массы. Тв. 2—2,5. Уд. в. 1,2—1,3. Цвет черный. Блеск жирный. Загорается от свечи. В закрытой трубке при нагревании дает буроватые и желтые капли дегтя. Порошок каменного угля при кипячении с едким калием или вовсе не окрашивает жидкости или окрашивает ее в слабый желтоватый цвет (отличие от бурого угля).

**Антрацит.** Содержит до 93% углерода. Сплошные плотные массы. Тв. 2—2,5. Уд. в. 1,3—1,7. Цвет и черта черные. Блеск часто металлический с пестрой побегалостью. При прокаливании растрескивается. От свечи не загорается. П. п. тр. сгорает, не плавясь и не спекаясь.

В закрытой трубке при нагревании не дает или почти не дает налета смолистых веществ. При кипячении порошка антрацита с едким калием жидкость не окрашивается.

### XXXIX

**Мышьяк** As. Триг. с. Зернистый, сплошной; скорлуповатые наетки и корки. Тв. 3—3,5. Уд. в. 5,7. Цвет оловянно-белый в свежем изломе, черный на выветрелой поверхности. П. п. тр., не плавясь, улетучивается, издавая чесночный запах. На угле дает белый налет.

**Сурьма** Sb. Триг. с. Сплошные крупнозернистые массы и тонкокристаллические корочки. Сп. совершенная. Тв. 3—3,5. Уд. в. 6—7. Цвет оловянно-белый с желтоватой и сероватой побежалостью. Черта черная. П. п. тр. на угле плавится; по прекращении дутья продолжает гореть, покрываясь белыми иглами ромбической окиси сурьмы, на наружных концах которых можно заметить октаэдры окиси сурьмы, кристаллизующейся в куб. с.

**Висмут** Bi — см. XXXVII.

**Ртуть** Hg. Жидкая при обыкновенной температуре. Встречается в виде мелких капель в породе. Уд. в. 13,5—13,6. Цвет оловянно-белый. Легко возгоняется при нагревании в закрытой трубке. Испаряется при прокаливании на угле.

### XL

**Нашатырь**  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Куб. с. Выцветы и корки белого цвета. Тв. 1,5—2. Уд. в. 1,5—1,6. Бесцветен; иногда окрашен в желтый и бурый цвет примесью железа. В воде легко растворяется. Вкус солоноватый и жгучий. Улетучивается, не плавясь, при этом сильно дымит. В растворе с едким калием издает запах аммиака.

**Селитра калиевая**  $\text{KNO}_3$ . Ромб. с. Выцветы и корки. Тв. 2. Уд. в. 2. Цвет белый и сероватый, на вкус соленая, охлаждающая. П. п. тр. на угле дает сильную вспышку. При сплавлении в ушке платиновой проволоки окрашивает пламя в фиолетовый цвет. Легко растворяется в воде.

**Селитра натровая**  $\text{NaNO}_3$ . Триг. с. Выцветы и корки. Тв. 1,5—2. Уд. в. 2,2. Цвет белый, желтоватый и сероватый. Вкус охлаждающий. На угле дает вспышку менее сильную, чем калиевая селитра. Окрашивает пламя в желтый цвет.

**Валентинит**  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ . Ромб. с. Кристаллы в виде табличек, чешуйчатые и звездчатые агрегаты, сплошные массы. Сп. совершенная. Тв. 2,5—3. Цвет желтовато- и серовато-белый. Хрупок. Плавится и покрывает уголь налетом окиси сурьмы. В колбочке при нагревании отчасти возгоняется. В HCl легко растворяется; из раствора при разбавлении его водой выпадает белый осадок.

**Сенармонтит**  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ . Куб. с. Кристаллы в виде окаэдров; зернистые или сплошные массы и корки. Тв. 2—2,5. Уд. в. 5,22—5,30. Бесцветен или белого и серого цвета. Реакции, как у валентинита.

**Бисмит** (висмутовая охра)  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ . Ромб. с. Землистые налеты и псевдоморфозы по сернистым висмутовым минералам. Уд. в. 4,3—4,6. Цвет соломенно-желтый, зеленоватый. На угле с KJ+S дает красный налет.

**Арсенолит**  $As_2O_3$ . Куб. с. Мучнистые налеты и корочки. Тв. 1,5. Уд. в. 3,7. Цвет белый, желтоватый или красноватый. При прокаливании на угле с содой издает чесночный запах мышьяка. При нагревании в закрытой трубке дает возгон, состоящий из мелких октаэдров. Сильный яд.

## XLI

**Флюорит**  $CaF_2$ . Куб. с. Кристаллы в виде кубов и сплошные кристаллические массы. Сп. совершенная по октаэдру. Тв. 4. Уд. в. 3,1—3,2. Цвет фиолетовый, зеленый; иногда бесцветен. П. п. тр. в тонких осколках плавится, окрашивая пламя в желтовато-красный цвет. При нагревании порошка с  $H_2SO_4$  выделяет HF, который разъедает стекло пробирки.

**Криолит**  $Na_3[AlF_6]$ . Мон. с. Сплошные массы. Тв. 2,5. Уд. в. 3. Цвет белый. В маленьких осколках плавится в пламени свечи. П. п. тр. легко плавится в непрозрачный светлый шарик, окрашивая пламя в желтый цвет. Разлагается  $H_2SO_4$  с выделением HF (разъедает стекло).

**Борацит** — см. LXI.

## XLII

**Брусит**  $Mg(OH)_2$ . Триг. с. Широкопластинчатые кристаллы и сплошные листоватые массы. Сп. весьма совершенная. Листочки по спайности гибкие. Тв. 2,5. Уд. в. 2,3—2,4. Цвет белый, синеватый, зеленоватый; часто бесцветен. С  $Co(NO_3)_2$  дает реакцию на Mg. В HCl легко растворяется.

**Немалит** — волокнистая разновидность брусита.

**Отунит**  $Ca(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$ . Ромб. с. Слюдopodobный. Кристаллы в виде тонких листочков — чешуек. Сп. весьма совершенная. Тв. 2—2,5. Уд. в. 3,05—3,19. Цвет канареечно-желтый. Блеск перламутровый. П. п. тр. плавится легко. С фосфорной солью в восстановительном пламени дает зеленое урановое стекло. Растворы, с HCl или  $HNO_3$  желтого цвета, с аммиаком дают желтоватые осадки и реагируют на фосфорную кислоту с молибденово-кислым аммонием.

**Фармаколит**  $CaHAsO_4 \cdot 2H_2O$ . Мон. с. Образуют гроздевидные и почковидные группы тонкоигловчатых волосистых кристаллов и корки лучисто-жилковатого сложения. Тв. 2—2,5. Уд. в. 2,6—2,7. Белый или бесцветный, иногда розоватый от примеси кобальта. На угле дает налет  $As_2O_3$ . Легко растворяется в HCl; из раствора при нагревании с кусочком цинка выделяется мышьяк в виде черной пены, ползущей по стенкам пробирки.

## XLIII

**Карналлит**  $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ . Ромб. с. Сплошные зернисто-кристаллические массы. Тв. 1. Уд. в. 1,6. Бесцветный, обычно окрашен в красноватый цвет. На вкус горький. Легко расплывается во влажном воздухе. При нагревании в закрытой трубке плавится. Дает реакцию на хлор. Окрашивает пламя в фиолетовый цвет. Из водного раствора фосфорно-аммиачная соль выделяет осадок фосфорно-аммиачного магния.

**Галит** (каменная соль)  $\text{NaCl}$ . Куб. с. Сплошные зернисто-кристаллические массы, выцветы и налеты. Сп. совершенная по кубу. Тв. 2. Уд. в. 2,1. Цвет белый; часто бесцветен; иногда окрашен примесями. Блеск стеклянный. На вкус соленый. П. п. тр. плавится и улетучивается, окрашивая пламя в желтый цвет. Дает реакцию на хлор.

**Сильвин**  $\text{KCl}$ . Куб. с. Сплошные зернисто-кристаллические массы. Сп. совершенная по кубу. Тв. 2. Уд. в. 2. Молочно-белый или бесцветен. На вкус горько-соленый. П. п. тр. плавится, окрашивая пламя в фиолетовый цвет. Реагирует на хлор.

**Селитра калиевая** — см. XL.

**Селитра натровая** — см. XL.

#### XLIV

**Диаспор**  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Ромб. с. Кристаллы широкопластинчатые, удлиненные. Сп. средняя. Тв. 6,5—7. Уд. в. 3,3—3,5. Цвет бурый, иногда фиолетовый, розоватый и др. Блеск перламутровый. П. п. тр. не плавится. Кислоты не действуют. При нагревании в закрытой трубке выделяет воду.

**Гидраргиллит**  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Мон. с. Мелкие таблитчатые кристаллы с перламутровым блеском, напоминают кристаллы слюды. Чаше оолитовые и сплошные каменные массы, натеки, корки и мелоподобные образования. Тв. около 3. Уд. в. 2,3—2,4. Цвет белый, красноватый, синеватый. П. п. тр. не плавится. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду. Медленно, но полностью растворяется в  $\text{HCl}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**Боксит** (порода). Состоит в основном из свободных гидроокислов алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Содержит много примесей в виде окислов железа и кремнезема; кроме того, содержит глину, карбонаты и др. Каолиноподобные массы, часто оолитовой структуры. Цвет белый до красного. Уд. в. около 2,5. Мало гигроскопичен. При нагревании в закрытой трубке выделяет воду. Медленно растворяется в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Из раствора аммиак выделяет обильный аморфный осадок гидрата окиси алюминия.

**Вавеллит**  $\text{Al}_3(\text{OH})_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Ромб. с. Шаровидные радиально-лучистые агрегаты с друзовидной поверхностью. Тв. 3—4. Уд. в. 2,31—2,33. Цвет белый, желтоватый и зеленоватый, иногда голубой. П. п. тр. вспучивается. В закрытой трубке при нагревании выделяет много воды. Дает реакцию на фосфор. Растворяется в  $\text{HCl}$ .

**Корунд**  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Триг. с. Удлиненные кристаллы и мелкозернистые сплошные массы. Сп. нет; наблюдается отдельность и штриховка в трех направлениях на плоскостях отдельности. Тв. 9. Уд. в. 4. Цвет синий, красный, серый. П. п. тр. не изменяется. Не сплавляется с содой.  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  не действуют. В раствор переводится сплавлением с кислым серноокислым калием.

**Шпинель**  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ . Куб. с. Кристаллы — октаэдры. Тв. 8. Уд. в. 3,6. Цвет голубоватый и красноватый. П. п. тр. не плавится. Кислоты не действуют. Разлагается сплавлением с кислым серноокислым калием.

#### XLV

**Скородит** — см. LI.

**Эритрин** (кобальтовые цветы)  $\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Мон. с. Землистые налеты, волокнистые и радиальнолучистые агрегаты. Тв. 1,5—

2,5. Уд. в. 3. Цвет яркий розово-красный. Остаток после прокаливания на угле реагирует с бурой на кобальт (синее стекло). В восстановительном пламени сплавляется в черно-серый королек мышьяковистого кобальта. В закрытой трубке при нагревании выделяет много воды. В слабой кислоте растворяется с образованием розово-красной жидкости, в крепкой кислоте дает синий раствор. При нагревании солянокислого раствора с кусочком Zn выделяется черная пена As, ползущая по стенкам пробирки.

**Аннабергит** (никелевые цветы)  $Ni_3[AsO_4]_2 \cdot 8H_2O$ . Мон. с. Землестые налеты, тонковолокнистые и радиальнолучистые агрегаты. Тв. 2,5—3. Уд. в. 3. Цвет ярко-зеленый. Легко плавится. Остаток после прокаливания на угле реагирует с бурой в окислительном пламени на Ni (буровато-красное стекло). Растворы в HCl и  $HNO_3$  зеленого цвета. Из растворов аммиак выделяет зеленоватый осадок, растворимый в избытка аммиака; при этом получается жидкость сапфирово-синего цвета. Из кислого раствора при нагревании его с кусочком цинка выделяется черная пена мышьяка.

**Оливенит**  $Cu_2(OH)[AsO_4]$ . Ромб. с. Кристаллы в виде столбиков и тонких иголок; также шаровидные и почковидные агрегаты жилковатого сложения. Тв. 3. Уд. в. 4,2—4,6. Цвет оливково- и фисташково-зеленый, иногда черновато-зеленый, желтоватый и бурый. Сплавленный п. п. тр. в щипчиках при охлаждении образует лучистую кристаллическую массу. В закрытой трубке при нагревании выделяет много воды. В кислотах и в аммиаке растворяется. Дает реакцию на мышьяк (выделение As в виде черной пены при нагревании кислого раствора с кусочком цинка).

**Адамин**  $Zn_2(OH)[AsO_4]$ . Иногда содержит Co, Cu. Ромб. с. Мелкозернистые агрегаты и корочки. Тв. 3. Уд. в. 4,33—4,35. Цвет медово-желтый, фиолетовый, розовато-красный, зеленый; иногда бесцветен. Легко плавится. На угле дает налет цинка. Из соляно-кислого раствора при нагревании с кусочком цинка выделяется мышьяк в виде черной пены.

**Миметезит**  $Pb_5Cl[AsO_4]_3$ . Гекс. с. Образует корочки, а также закругленные и почковидные формы. Тв. 3,5. Уд. в. 7—7,25. Цвет от светло-желтого до бурого и оранжево-желтого; иногда белый. Подобно пироморфиту дает реакцию на Cl. В кислом растворе при нагревании с цинком выделяет As в виде черной пены.

**Кампилит** — разновидность миметезита, содержащая фосфор. Из азотнокислого раствора при прибавлении молибденовокислого аммония выделяет желтый осадок.

**Фармаколит** — см. XLII.

## XLVI

**Дискразит**  $Ag_3Sb$ . Ромб. с. Обычно встречается в виде сплошных выделений. Тв. 3,5—4. Уд. в. 9,4—10. Цвет серебриано-белый с желтоватой и черноватой побежалостью. П. п. тр. на угле легко плавится; под конец остается королек серебра.

**Сенармонтит** — см. XL.

**Валентинит** — см. XL.

## XLVII

**Пироморфит**  $Pb_5Cl[PO_4]_3$ . Гекс. с. Кристаллы в виде гексагональных призмочек. Обычно образует кристаллические корочки. Тв. 3,5—4. Уд. в. 6,5—7,1. Цвет травяно-зеленый и бурый. Блеск жирный. П. п. тр. легко плавится в шарик, который по охлаждению принимает вид многогранного зерна. При нагревании в закрытой трубке растрескивается, а при более сильном нагревании дает небольшой белый налет хлористого свинца. При прокаливании на угле после присадки  $CuO$  окрашивает пламя в лазуревый цвет (реакция на  $Cl$ ). С порошком магния дает реакцию на фосфор. В азотнокислом растворе дает реакцию на фосфор с молибденовокислым аммонием.

**Миметезит** — см. XLV.

**Кампилит** — см. XLV.

**Ванадинит**  $Pb_5Cl[VO_4]_3$ . Гекс. с. Кристаллы в виде тонких гексагональных призмочек, срастающихся в друзы и корочки; землистые и туфовидные массы и агрегаты волокнистого сложения. Тв. 3. Уд. в. 6,66—7,23. Цвет от соломенно-желтого до темно-бурого, также красный и оранжево-красный. П. п. тр. растрескивается и плавится в шарик. Дает реакцию на хлор. В солянокислом растворе дает реакцию с перекисью водорода на ванадий (темно-красный цвет раствора).

**Вульфенит**  $PbMoO_4$ . Тетр. с. Кристаллы пластинчатые и в виде квадратных дипирамид; также сплошные массы. Тв. 3. Уд. в. 6,7—7. Цвет желтый и красновато-бурый до красного. Блеск жирный. П. п. тр. сильно растрескивается и легко плавится. Крепкая  $H_2SO_4$  разлагает вульфенит с образованием синего раствора. Если нагреть порошок минерала с крепкой  $H_2SO_4$  на крышке фарфорового тигля до появления паров серной кислоты и дать охладиться, а затем на полученную массу подышать, появится ярко-синяя окраска.

**Штольцит**  $PbWO_4$ . Тетр. с. Острые квадратные дипирамиды и кристаллические корочки. Тв. 3. Уд. в. 7,8—8,1. Цвет бурый и красноватый, иногда зеленый. Блеск жирный. П. п. тр. легко плавится, затвердевая при охлаждении в кристаллическое зерно. От действия  $H_2SO_4$  порошок минерала окрашивается в красивый лимонно-желтый цвет. В  $HNO_3$  разлагается с выделением желтой вольфрамовой кислоты. С перлом фосфорной соли дает реакцию на вольфрам.

**Крокоит**  $PbCrO_4$ . Мон. с. Кристаллы призматического вида, друзы и корочки. Тв. 2,5—3. Уд. в. 5,6—6,1. Цвет красный и желтовато-красный. Блеск алмазный. Просвечивает. П. п. тр. растрескивается, темнеет и легко плавится. На угле дает металлический свинец. В горячей  $HCl$  разлагается, выделяя  $PbCl_2$ . С перлом буры дает реакцию на хром.

**Висмут самородный** — см. XXXIX.

**Бисмит** (висмутовая охра) — см. XL.

## XLVIII

**Адамин** — см. XV.

**Цинкит**  $ZnO$ , постоянно присутствует Мп. Гекс. с. Кристаллические сплошные массы. Сп. совершенная. Тв. 4—4,5. Уд. в. 5,4—5,7. Цвет кроваво-красный. Черта померанцево-желтая. Блеск алмазный. Не плавится. Растворяется в  $HCl$ . С бурой дает реакцию на Мп.

**Касситерит**  $\text{SnO}_2$ . Тетр. с. Встречается в виде зерен, кристаллов и в сплошном виде. Сп. несовершенная. Тв. 6—7. Уд. в. около 7. Цвет бурый. Блеск металлоидный. П. п. тр. в пинцете не изменяется. На угле с содой восстанавливается до металлического олова. Кислоты почти не действуют. При нагревании с несколькими каплями  $\text{HCl}$  и кусочком цинка покрывается слоем металлического олова.

## L

**Гематит** (железный блеск)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Триг. с. Сплошные зернистые и натечные массы; кристаллы ромбоэдрического и пластинчатого вида; порошокватые, чешуйчатые и слюдоподобные образования. Сп. нет. Тв. 5,5—6,5. Уд. в. 4,9—5,3. Цвет черный и вишнево-красный. Цвет черты и порошка вишнево-красный. Блеск металлоидный. П. п. тр. не плавится. На угле в восстановительном конусе делается магнитным.

Разновидности: железная слюдка — чешуйчатые и слюдоподобные выделения и массы; красный железняк (собственно гематит) — натечные формы, сплошные землистые массы, оолитовые образования и т. п.

**Магнетит**  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ . Куб. с. Кристаллы в виде октаэдров и сплошные зернистые массы. Тв. 5,5—6,5. Уд. в. 5,17. Цвет и черта черные. Блеск металлический. Сильно магнитен. П. п. тр. не плавится.

**Ильменит**  $\text{FeTiO}_3$ . Триг. с. Кристаллы в виде ромбоэдров и табличек, также массивный и сплошной. Излом раковистый. Сп. нет. Тв. 5—6. Уд. в. 5. Цвет минерала и черты железно-черный. Блеск металлический. Не магнитен или слабо магнитен. П. п. тр. в окислительном конусе не плавится, но в восстановительном слегка оплавляются острые углы. Сплавляется с кислым серноокислым калием. Раствор от капли  $\text{H}_2\text{O}_2$  принимает яркую оранжевую окраску. Порошок ильменита при нагревании с  $\text{HCl}$  медленно растворяется. Получившийся раствор, прокипяченный с кусочком олова, принимает красно-фиолетовый или синий цвет.

**Шпинель** (плеонаст),  $(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_4$ . Куб. с. Кристаллы — октаэдры. Сп. средняя. Тв. 8. Уд. в. 3,6. Цвет черный. Блеск неметаллический. П. п. тр. не плавится. Кислоты не действуют. Разлагается сплавлением с бисульфатом калия.

**Вольфрамит**  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ . Мон. с. Кристаллы пластинчатой формы. Сп. совершенная в одном направлении. Тв. 5. Уд. в. 7,5. Цвет черный и темно-бурый. Черта красновато-бурая. Блеск металлоидный. П. п. тр. плавится в магнитный шарик. С содой и селитрой образует голубовато-зеленый марганцевый сплав. При нагревании в крепкой  $\text{HCl}$  порошок вольфрамита разлагается с выделением желтого осадка  $\text{WO}_3$ , который после отфильтрования легко растворяется в аммиаке. Солянокислый и серноокислый растворы, содержащие W, от прибавления кусочка цинка принимают синюю окраску.

**Колумбит**  $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$ . Ромб. с. Кристаллы призматические и в виде табличек. Сп. средняя. Тв. 6. Уд. в. 5,27—6,39. Цвет железно-черный или буровато-черный. Черта вишнево-красная до черной. Блеск полуметаллический. П. п. тр. не изменяется. Кислоты не действуют. Дает реакцию на Mn.

**Танталит**  $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$ . Ромб. с. Сходен с колумбитом.

Для того, чтобы отличить от колумбита, необходимо детальное химическое испытание.

**Пирохлор**  $\text{NaCaNb}_2\text{O}_6\text{F}$ . Иногда содержит значительное количество  $\text{F}^-$  и  $\text{Fe}^{3+}$ . Куб. с. Кристаллы — октаэдры. Тв. 5. Уд. в. 4,3. Цвет минерала и черты красновато-бурый; слегка просвечивает в тонких краях. П. п. тр. не плавится, становится желтым. При прокаливании быстро раскаляется и как будто тлеет. Порошок разлагается в крепкой  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , выделяя  $\text{HF}$  (реакция с разъеданием стекла).

**Эшинит**  $(\text{Ce}, \text{Ca}, \text{Fe}, \text{Th})(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_6$ . Ромб. с. Кристаллы призматические, иногда изогнутые. Сп. нет. Тв. 5—6. Уд. в. 4,9. Цвет черный, черта желтовато-бурая. Блеск полуметаллический, жирный. П. п. тр. сильно вздувается и желтеет или буреет, но почти не плавится. Кислоты действуют слабо. Для точного определения необходимо подробное химическое исследование.

**Самарскит**  $(\text{Y}, \text{Er}, \text{Ce}, \text{U}, \text{Th} \dots)_4[(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti}, \text{Sn})_2\text{O}_7]_3$ . Ромб. с. Кристаллы призматические, таблитчатые, иногда бесформенные зерна. Сп. нет. Тв. 5—6. Уд. в. 5,6—5,8. Цвет бархатно-черный. Черта темная, красновато-бурая. Блеск жирный. П. п. тр. сплавляется по краям в черное стекло. В кислотах разлагается, хотя и с трудом. Для точной диагностики необходим подробный химический анализ.

## LI

**Гидрогётит** (лимонит)  $\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Натёки, землистые и порошковатые массы. Тв. 5—5,5. Уд. в. до 4. Цвет охряно-желтый. Черта буровато-желтая. После прокалывания в восстановительном пламени п. тр. действует на магнитную стрелку.

**Гётит**  $\text{HFeO}_2$ . Ромб. с. Мелкочешуйчатые и игольчатые кристаллы, также натёки и землистые массы. Сп. совершенная. Тв. 5—5,5. Уд. в. 3,8—4,3. Цвет бурый и гиацинтово-красный. Черта охряно-желтая. От лимонита отличается ясным кристаллическим строением и меньшим содержанием воды.

**Вивианит**  $\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Мон. с. Кристаллы призматические и листоватые, часто образуют звездчатые и радиальнолучистые сростки; иногда землистый, порошковатый. Тв. до 2. Уд. в. 2,6. Цвет синий. Блеск перламутровый. П. п. тр. легко плавится в черный магнитный шарик, окрашивая пламя в голубовато-зеленый цвет. Растворяется в  $\text{HCl}$ . В азотнокислом растворе дает реакцию на фосфор с молибденовокислым аммонием. После сплавления в прокаленном виде в закрытой трубке с порошком магния реагирует с каплей воды, выделяя характерный запах фосфористого водорода.

**Скородит**  $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Ромб. с. Кристаллы мелкие. Обычно встречается в виде землистых масс. Тв. 3,5—4. Уд. в. 3,1—3,3. Цвет белый, зеленоватый, иногда бурый. П. п. тр. на угле дает налет  $\text{As}_2\text{O}_3$ . Растворяется в  $\text{HCl}$ ; из раствора при нагревании с кусочком цинка выделяется  $\text{As}$  в виде черной пены, ползущей по стенкам пробирки.

## LII

**Цинкит**  $\text{ZnO}$  — см. XLVIII.

**Вольфрамит**  $(\text{Mn}, \text{Fe})\text{WO}_4$ . Мон. с. Кристаллы пластинчатой формы. Сп. совершенная в одном направлении. Тв. 5. Уд. в. 7,5. Цвет красновато-коричневый. Черта бурая до светло-желтой. Блеск метал-

ловидный. П. п. тр. сравнительно легко плавится. При нагревании в крепкой HCl порошок вольфрамита разлагается с выделением желтого осадка  $WO_3$ , который после отфильтрования легко растворяется в аммиаке. Солянокислый и сернокислый растворы, содержащие вольфрам, от прибавления кусочка цинка принимают синюю окраску.

**Пиролоюзит**  $MnO_2$ . Содержит немного воды. Оолитовый и землистый. Тв. 2—2,5. Уд. в. 4,82. Цвет черный. Блеск металлический. П. п. тр. не плавится. При растворении пиролоюзита в HCl выделяется хлор.

**Полианит** (кристаллическая разновидность пиролоюзита)  $MnO_2$ . Тетр. с. Мелкие, неясно образованные кристаллы в виде квадратных дипирамид. Тв. 6—6,5. Уд. в. 5. Цвет светлый стально-серый. Черта черная. В остальном, как пиролоюзит.

**Манганит**  $MnO_2 \cdot Mn(OH)_2$ . Ромб. с. Кристаллы столбчатые, грубо штрихованные вдоль; также натечные, плотные и землистые массы. Тв. 4. Уд. в. 4,3. Цвет черты красновато-бурый. Блеск металлоловидный. П. п. тр. не плавится. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду.

**Псиломелан**. Содержит  $MnO_2$ ,  $MnO$  и  $H_2O$ , кроме того,  $BaO$ ,  $K_2O$  и др. Аморфный, в виде сплошных, натечных, гроздевидных и почковидных масс. Тв. 5—7. Уд. в. 3,3—4,7. Цвет железно-черный до темного стально-серого. Черта коричнево-черная, блестящая. Блеск металлический, матовый. П. п. тр. плавится с трудом. В HCl растворяется с выделением хлора. Разновидности: Вад — землистая разность, натечные и почковидные массы; мягкий, иногда пенисто-рыхлый (марганцевая пена), маркий. Уд. в. 3,0—4,26. Цвет черный и бурый-черный. Часто содержит  $Co$ ,  $Cu$ ,  $Fe$  и до 20% воды. Асболан — вад, содержащий до 32%  $CoO$ .

### LIII

**Куприт**  $Cu_2O$ . Куб. с. Кристаллы в виде октаэдров, сплошные зернистые массы, налеты и охристые образования. Сп. совершенная. Тв. 3,5—4. Уд. в. 6. Цвет красный, особенно в порошке. Блеск алмазный или полуметаллический. П. п. тр. восстанавливается до металлической меди. С бурой дает характерные для меди окрашенные перлы. Растворяется в HCl и аммиаке. Растворы от избытка аммиака принимают синюю окраску; из насыщенного солянокислого раствора от прибавления воды выпадает белый осадок хлористой меди. Разновидности: халькотрихит (медные цветы) — волосовидная разность куприта, представляет собой скопление тонких нежных кристалликов; кирпичная руда — землистая разность с примесью гидроокислов железа.

**Смоляная медная руда**  $mCuO \cdot nFe_2O_3 \cdot pMnO_2 \cdot qSiO_2 \cdot rH_2O$ . Плотная, бурого цвета со смоляным блеском и раковистым изломом.

**Тенорит**  $CuO$ . Трикл. с. Землистый, порошковатый. Тв. 3—4. Уд. в. около 6. Цвет черный. Раствор в HCl при разбавлении водой осадка не дает (см. куприт).

### LIV

**Атакамит**  $CuCl_2 \cdot 3Cu(OH)_2$ . Ромб. с. Кристаллы удлиненные, призматические, иногда плоские. Сп. совершенная по длине кристаллов. Тв. 3—3,5. Уд. в. 3,77. Цвет луково-зеленый. Окрашивает пламя, не бу-

лучи предварительно смочен HCl, в синий цвет. Раствор в HNO<sub>3</sub> дает с AgNO<sub>3</sub> реакцию на хлор.

**Псевдомалахит** Cu<sub>3</sub>(OH)<sub>3</sub>[PO<sub>4</sub>]. Мон. с. Встречается в натечных формах, напоминающих малахит. Тв. 4—5. Уд. в. 3,6. Цвет ярко-зеленый. Блеск на поверхности натечков стеклянный. Черта бледно-зеленая. П. п. тр. при медленном накаливании чернеет и сплавляется в королек, содержащий зерно меди. Несколько растворяется в аммиаке. Дает реакцию на фосфор с порошком Mg и в азотнокислом растворе — с молибденовокислым аммонием.

**Либетенит** Cu<sub>2</sub>(OH)[PO<sub>4</sub>]. Ромб. с. Мелкокристаллические друзочки, шаровидные и почковидные образования. Тв. 4. Уд. в. 3,6—3,8. Цвет темный оливково-зеленый. Дает реакцию на фосфор.

**Оливенит** — см. XLV.

**Торбернит** Cu(UO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>[PO<sub>4</sub>]<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O. Ромб. с. Кристаллы в виде слюдоподобных листочков квадратной формы. Тв. 2—2,5. Уд. в. 3,4—3,6. Цвет изумрудно-зеленый. Блеск перламутровый. П. п. тр. плавится. С фосфорной солью дает зеленый перл, который на угле при прокаливании с кусочком олова становится непрозрачным красным. С порошком Mg и в азотнокислом растворе с молибденовокислым аммонием дает реакцию на фосфор.

## LV

**Хромит** (хромистый железняк) FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Куб. с. Зернистые массы в змеевиках. Тв. 5,5. Уд. в. 4,5. Цвет черный. Черта светло-бурая. Блеск металловидный. П. п. тр. не плавится. Перл буры окрашивает в зеленый цвет как в окислительном, так и в восстановительном пламени. Кислоты не действуют.

**Крокоит** — см. XLVII.

## LVI

**Эритрин** — см. XLV.

**Асболан** — Со-содержащий вад. См. псиломелан, LII.

## LVII

**Аннабергит** — см. XLV.

## LVIII

**Рутил** TiO<sub>2</sub>. Часто присутствует Fe до 10%. Тетр. с. Кристаллы призматические, иногда игольчатые, в кварце. Сп. ясная. Тв. 6—6,5. Уд. в. 4,2. Цвет красный. Блеск металловидный. П. п. тр. не плавится. В восстановительном пламени окрашивает перл фосфорной соли в фиолетовый цвет в присутствии крупинки металлического олова. Кислоты не действуют. В раствор переводится сплавлением с содой или кислым серноокислым калием. Раствор, подкисленный H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, окрашивается от капли перекиси водорода в оранжево-желтый цвет.

**Анагаз** TiO<sub>2</sub>. Тетр. с. Кристаллы обычно в виде квадратных дипирамид. Сп. совершенная. Тв. 5,5—6. Уд. в. 3,82—3,95. Цвет коричневый разных оттенков до черного. Блеск алмазный, металловидный. В остальном, как рутил.

**Брукит**  $TiO_2$ . Ромб. с. Кристаллы призматические и плоские таблитчатые. Тв. 5,5—6. Уд. в. 3,87—4,08. Блеск алмазный. Цвет желтоватый, красновато-коричневый, иногда с бронзовым оттенком. В остальном, как рутил.

**Сфен**  $CaTiO[SiO_4]$ . Мон. с. Кристаллы плоские клиновидные. Тв. 5—5,5. Уд. в. 3,4—3,56. Цвет бурый, коричневый, реже зеленоватый, желтый. Блеск алмазный. П. п. тр. плавится более или менее легко, вспучиваясь, в желтое, бурое или черное стекло. Серной кислотой вполне разлагается. Получившийся раствор от капли  $H_2O_2$  окрашивается в оранжево-желтый цвет (реакция на Ti).

**Перовскит**  $CaTiO_3$ . Псевдокубический. Кристаллы в виде кубов. Тв. 5,5. Уд. в. 4,0. Цвет железно-черный. Черта серая. Блеск металло-видный. П. п. тр. не плавится. Вполне разлагается только в кипящей  $H_2SO_4$ .

## LIX

**Повеллит**  $CaMoO_4$ . Тетр. с. Листоватые псевдоморфозы по молибденовому блеску. Тв. 3,5. Уд. в. 4,52. Цвет белый, слегка зеленоватый. Блеск перламутровый. П. п. тр. плавится с трудом. С фосфорной солью в восстановительном пламени дает зеленое стекло, в окислительном — бесцветное. Кислотами разлагается. Раствор в  $H_2SO_4$  синего цвета.

**Шеелит**  $CaWO_4$ . Тетр. с. Кристаллы в форме тетрагональных дипирамид. Сп. довольно совершенная. Тв. 4,5. Уд. в. 5,9—6. Цвет белый, серый, бурый и желтый. Блеск жирный. П. п. тр. плавится с трудом. С фосфорной солью в восстановительном пламени дает синее стекло, в окислительном — бесцветное. В  $HCl$  и  $HNO_3$  полностью разлагается; раствор после прибавления кусочка олова окрашивается в синий цвет.

**Вольфрамит**  $(Fe, Mn)WO_4$ . Дает перл смешанной окраски от Fe, Mn и W. См. L.

## LX

**Ферримолибдит**  $Fe_2[MoO_4]_3 \cdot 7H_2O$ . Гекс. с. Встречается в виде порошковатых налетов и тонковолокнистых скоплений. Тв. 1,5. Уд. в. 4,5. Цвет зеленовато-желтый. С фосфорной солью в восстановительном пламени дает зеленое стекло. После прокаливания на угле действует на магнитную стрелку. Растворяется в  $HCl$  и в аммиаке, в последнем — с выделением бурых окислов железа.

**Ферритунгстит**  $Fe_2(OH)_4[WO_4] \cdot 4H_2O$ . Порошковатый в виде налетов и землистый, плотный. Цвет зеленовато-желтый. Разлагается кислотами с выделением желтой окиси вольфрама. Дает реакцию на железо.

**Меймакит**  $WO_3 \cdot 2H_2O$ . Порошковатый, землистый. Цвет желтый и зеленовато-желтый. В отличие от ферритунгстита не содержит железа.

**Отунит**  $Ca(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$ . С фосфорной солью в восстановительном пламени дает зеленое, а в окислительном — бледно-желтое стекло. См. XLII.

## LXI

**Апатит**  $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})[\text{PO}_4]_3$ . Гекс. с. Кристаллы в виде гексагональных призм, также зернистые кристаллические выделения в породе. Сп. несовершенная. Тв. 5. Уд. в. 3,2. Цвет голубой, зеленый, фиолетовый; иногда бесцветен. Блеск стеклянный. П. п. тр. плавится с трудом, даже в тонких осколках. В  $\text{HCl}$  и  $\text{HNO}_3$  растворяется. С порошком магния дает реакцию на фосфор.

**Кераргирит** (роговое серебро)  $\text{AgCl}$ . Куб. с. Обычно в виде корочек. Сп. нет. Ковкий, режется ножом. Тв. 1—1,5. Уд. в. 5,5. Цвет бурый. П. п. тр. легко плавится. На угле дает королек металлического серебра. Будучи прибавлен к перлу фосфорной соли, насыщенному медью, вызывает окраску пламени в лазуревую-голубой цвет.

**Нашатырь** — см. XL.

**Борацит**  $\text{Mg}_3\text{OCl}[\text{B}_3\text{V}_4\text{O}_{12}]$ . Псевдокубический. Кристаллы часто в виде мелких тетраэдров, иногда сплошные зернистые массы. Тв. 7. Уд. в. 2,9—3. П. п. тр. плавится, вскипая, в белый кристаллический шарик, причем пламя окрашивается в зеленый цвет; от присадки окиси меди окраска пламени изменяется на лазуревую-синюю. В  $\text{HCl}$  растворяется.

## LXII

**Графит С.** Гекс. с. Кристаллы в виде тонких гексагональных листочков и сплошные массы. Сп. весьма совершенная. Листочки гибкие. Тв. 1. Жирный на ощупь. Уд. в. 2. Цвет черный. Блеск металлический. П. п. тр. не плавится. С  $\text{KNO}_3$  образует сплав, вскипающий с кислотами.

**Сассолин**  $\text{B}(\text{OH})_3$ . Трикл. с. Корочки и порошокватые скопления тонких чешуйчатых кристаллов. Сп. весьма совершенная. Тв. 1. Уд. в. 1,48. Цвет белый. Блеск жемчужный. П. п. тр. легко плавится, окрашивая пламя в зеленый цвет. В закрытой трубке при нагревании выделяет воду.

**Монацит**  $\text{CePO}_4$ . Мон. с. Кристаллы в виде табличек. Сп. совершенная. Тв. 5—5,5. Уд. в. 5—5,2. Цвет красновато-бурый. П. п. тр. не плавится. С порошком магния дает реакцию на фосфор. Трудно растворяется в  $\text{HCl}$ .

**Алмаз С.** Куб. с. Кристаллы октаэдрической формы. Сп. средняя по «октаэдру». Тв. 10. Уд. в. 3,5. Бесцветный; редко окрашен в желтый, синий, красный или черный цвет. П. п. тр. в зерне не изменяется, но в виде мелкого порошка сгорает медленно, без пламени. Алюминий на смоченной поверхности алмаза черты не оставляет, в отличие от других минералов, на которых он оставляет нестираемую черту.

## ВАЖНЕЙШИЕ ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЯДЫ МИНЕРАЛОВ

### Минералы магматические

Как было сказано выше (стр. 27), магматические минералы возникают в результате кристаллизации магматического расплава в связи с изменением условий его существования. Факторами, вызывающими появление магматических минералов, являются: а) понижение температуры, б) изменение давления, в) потеря летучих компонентов, г) влияние боковых пород, вступающих во взаимодействие с магматическим расплавом.

Можно представить себе существование магм разного химического состава. Обычно различают магмы по содержанию в них кремнезема и щелочей.

Представление о химическом составе магм создается на основании состава связанных с ними продуктов дифференциации и главным образом магматических пород. Различаются ультраосновные, основные, средние и кислые магмы.

1. Ультраосновные магмы. Им соответствуют ультраосновные горные породы, для которых характерно содержание  $\text{SiO}_2 < 45\%$ . Эти породы богаты  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$  и  $\text{CaO}$ . Типоморфными химическими элементами их являются  $\text{Cr}$ ,  $\text{Pt}$ ,  $\text{Ni}$ . Известны ультраосновные породы, богатые щелочами.

2. Основные магмы. Соответствующие им основные горные породы содержат 45—52%  $\text{SiO}_2$ . Типоморфизм химических элементов в них выражен не так резко, как в первом случае. В них значительно повышено содержание  $\text{CaO}$ . Иногда с этими породами связано нахождение месторождений титана и железа.

3. Средние магмы. Породы, им соответствующие, содержат 52—65%  $\text{SiO}_2$ . Характерно повышенное количество щелочей. Типоморфизм в отношении химического состава сказывается в приуроченности к породам среднего типа, особенно в случае высокого содержания в них натрия и кальция, значительных концентраций редких земель, иногда циркония, фосфора, титана, железа, фтора, ниобия; щелочные магмы со средним содержанием кремнезема обращают на себя внимание в ряде случаев разнообразием минерального состава связанных с ними продуктов дифференциации.

4. Кислая магма. Соответствующие породы содержат 65—75%  $\text{SiO}_2$ . Они характеризуются обилием продуктов постмагматических процессов. Состав этих продуктов указывает на высокое содержание в кислой магме летучих компонентов, которые обуславливают отделение в стадии остаточной кристаллизации особо подвижных магматических и гидротермальных растворов и летучих соединений. Типоморфными химическими элементами для кислой магмы являются:  $\text{Li}$ ,  $\text{Cs}$ ,  $\text{Be}$ ,  $\text{Ta}$ ,  $\text{W}$ ,  $\text{Sn}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{U}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Sb}$ ,  $\text{Hg}$ .

Ниже приведены сокращенные списки наиболее обычных минералов, в основном магматического происхождения или таких, которые возникают в связи с процессами перекристаллизации еще в магматическую стадию формирования породы. Кроме того, указаны наиболее характерные продукты дальнейшего, вплоть до гипергенного, изменения магматических минералов, также по главным типам горных пород.

## МИНЕРАЛЫ УЛЬТРАОСНОВНЫХ И ОСНОВНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

### *Породообразующие*

### *Рудные и другие полезные ископаемые*

Оливин	Хромит, платина
Оливин, пироп, хромдиопсид	Алмаз
Пироксены: энстатит, бронзит, гиперстен	Пентландит Пирротин Сперрилит Халькопирит
Основные плагиоклазы и роговые обманки	Магнетит и ильменит

*Продукты изменения:* серпентин, хризотил-асбест, тальк, хлорит, магnezит, брусит, гидромагnezит, нонтронит, керолит, ревдинскит, сепиолит, опал и др. (см. стр. 303), Аккермановское никелево-кобальтовое месторождение).

## МИНЕРАЛЫ ЩЕЛОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

### *Породообразующие*

### *Рудные*

Нефелин	Роговые обманки	Ильменит
Содалит	Биотит	Ильменорутит
Канкринит	Сфен	Магнетит
Полевые шпаты щелочные	Апатит	
Пироксены	Флюорит	
Эгирин	Виллиомит (очень редко)	

*Продукты изменения:* канкринит, содалит, цеолиты (натролит и др.), гидрагиллит, бёмит, каолинит, опал.

## МИНЕРАЛЫ КИСЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

### *Породообразующие*

### *Рудные*

Кварц	Мусковит	Золото
Полевые шпаты: ортоклаз, микроклин, альбит, кислые плагиоклазы	Биотит Роговая обманка	Касситерит Вольфрамит Молибденит Пирит

*Продукты изменения:* каолин, серицит, отчасти эпидот.

## ВУЛКАНОГЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ

### *Породообразующие*

### *Возгоны*

### *Продукты гидротермального поствулканического процесса*

Оливин	Сера	Цеолиты	Датолит
Авгит	Реальгар	Кварц	Пренит
Роговая обманка	Нашатырь	Кальцит	Алунит
Полевые шпаты	Борная кислота	Халцедон	Барит
Лейцит	Железный блеск	Агат	Каолиновые минералы
Нефелин		Опал	
Нозеан			

## Минералы пегматитов

### Пегматиты гранитной магмы

А. Е. Ферсман насчитывал около 280 минералов пегматитового происхождения, связанных с гранитной магмой, в том числе: силикатов 95, окислов типа тантало-ниобиевых соединений 40, простых окислов 26, фосфатов 56 и прочих (фтористых соединений, карбонатов и др.) около 60. Главнейшими являются кварц, полевые шпаты и слюда — обязательные почти для всех гранитных пегматитов. Другие минералы встречаются эпизодически.

Схема пегматитового процесса, по А. Е. Ферсману

Типы пегматитов	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Геофазы	С		D—E		F—G			Н	I	К
Этапы	Магматический		Флюидный					Гидротермальный		

Многие минералы пегматитов имеют типоморфное значение. Так: светло-дымчатый кварц характерен для геофазы С; темно-дымчатый и серый — для D—E; розовый — для F; ниобо-танталаты редких земель выделяются раньше, чем тантало-ниобиевые соединения Fe и Mn; альбит выделяется в начале геофазы F, им начинается процесс замещения; сподумен характерен для F и начала геофазы G апатит сине-зеленый характерен — для C—D, розовый (от марганца) — для F—G, бесцветный — для H—K; турмалин черный — для C—D и H; полихромный — для F—G и т. д.

Ниже дается краткая минералогическая характеристика различных типов пегматитов, по А. Е. Ферсману. Кварц, ортоклаз и микроклин в этой характеристике не упоминаются, как общие для различных типов.

Тип I. Беден минералами. Различают два подтипа:

1) без редкоземельных минералов; содержит биотит крупнолистоватый; турмалин черный, короткопризматический; гранат (альмандин);

2) с редкоземельными минералами; содержит ортит, монацит, биотит, редко и в малом количестве рutil и ильменит. Здесь различают ортитовую и монацитовую разновидности.

Тип II. Характерны колумбит, самарскит, уранинит. Прочие минералы: биотит крупный, редко и в малом количестве циркон и монацит.

Тип III. Беден минералами. Различаются турмалиновый и мусковитовый подтипы.

Турмалин черный и мусковит. С турмалином иногда — сине-зеленый апатит. Характерны топаз и берилл.

Тип IV. Включает два подтипа: 1) топазовый — беден бериллом и 2) берилловый — беден топазом. Последний менее обычен.

Тип V. Богатый минералами. Выделяют два подтипа: альбитовый и литиево-рубеллитовый.

Альбит (клевеландит и сахаровидный), турмалин (рубеллит), берилл розовый, апатит марганцовистый короткопризматический, танталит, сподумен, спессартин, касситерит.

Тип VI. Богат минералами.

Кварц и альбит в небольшом количестве, турмалин полихромный, петалит, поллуцит, фосфаты — литиофиллит, трифилин, амблигонит и др. (много вторичных).

Тип VII. Фторалюминиевый. Редкий.

Криолит, геарксутит, хиолит и др.

Тип VIII. Фторо-карбонатный.

Флюорит, кальцит, паризит, бастнезит, берилл (изумруд), апатит бесцветный.

Тип IX. Сульфидный. Редок.

Халькопирит, сфалерит, галенит.

Тип X. Цеолитный.

Цеолиты, кварц, халцедон.

## Щелочные пегматиты

От пегматитов гранитной магмы отличаются отсутствием кварца. Выделяются:

### 1. Сиенитовые пегматиты без нефелина:

Полевые шпаты	Циркон
Слюда	Монацит
Роговая обманка, обыкновенная	Эшинит
Сфен	Флюорит

### 2. Нефелино-сиенитовые пегматиты миаскитового типа:

Нефелин (элеолит)	Канкринит
Полевые шпаты	Циркон
Биотит	Пирохлор
Содалит	Апатит
	Кальцит

В Хибинских щелочных пегматитах агпаитового типа известны также эвдиалит, эгирин, астрониллит, энigmatит, лампрофиллит, арфведсонит, сфен и др.

## Минералы гидротермального процесса

Гидротермальный процесс выражается в образовании жил и в метасоматическом изменении пород, в которые проникают по трещинам горячие растворы и выделяемые из растворов пары. Источником таких растворов является магматический очаг, от которого в известный момент дифференциации магмы и в определенных тектонических условиях они отделяются.

Химический состав растворов может быть различным. Допускается существование на глубине преимущественно щелочных растворов, обладающих повышенной способностью растворять в себе многие вещества. Этим лучше всего объясняется нахождение в растворе тех больших количеств кремнезема и сульфидных соединений, которые отлагаются затем как продукты гидротермального процесса.

Образование гидротермальных минералов происходит:

а) путем кристаллизации в связи с пересыщением растворов, которое может быть обусловлено понижением температуры, изменением парциального давления, потерей растворами отдельных компонентов, изменением состава раствора под влиянием боковых пород и другими причинами;

б) путем осаждения геля из растворов коллоидного характера и последующей перекристаллизации геля;

в) при метасоматическом изменении вмещающих пород и ранее образовавшихся минералов.

Гидротермальный процесс подразделяется на отдельные стадии по комплексам образовавшихся в результате этого процесса минералов с условным отнесением их к высокой, средней и низкой температурам.

Ниже приводятся списки минералов для наиболее распространенных и важных гидротермальных проявлений.

### МИНЕРАЛЫ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЖИЛ ОЛОВЯННОКАМЕННОГО ТИПА

Главным жильным минералом этого типа является обычно кварц. Жилы этого типа нередко имеют слюдяную оторочку, состоящую из мусковита, иногда циннвальдита. Последовательность выделения рудных минералов отвечает в основном порядку перечисления их в нижеприведенном списке. Грейзен образуется частично до формирования жилы, частично оба процесса протекают одновременно.

Минералы, находимые помимо жил также и в грейзене, отмечены в приведенном списке звездочками.

<i>Рудные</i>	<i>Нерудные</i>
Оловянный камень *	Кварц *
Вольфрамит *	Турмалин *
Молибденит *	Берилл *
Висмутовый блеск	Топаз *
Арсенопирит	Триплит
Пирит *	Мусковит *
Пирротин	Циннвальдит
Халькопирит	Флюорит

Шеелит  
Сфалерит  
Станнин  
Галенит

Родохрозит  
Анкерит  
Кальцит, папиршпат

*Продукты изменения:* окислы железа и марганца, висмутовая охра и карбонаты висмута, ферримолибдит, повеллит, каолинит, геарксутит, кридит, малахит, азурит, сульфаты меди (халькантит, линарит, антлерит, брошантит), ярозит, гипс, халцедон и др.

### МИНЕРАЛЫ СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНЫХ ЖИЛ

В общем среднетемпературные жилы отличаются большим разнообразием минерального состава и количественных отношений между минералами. Ниже приводятся списки только наиболее важных минеральных ассоциаций этих жил.

#### А. В жилах полиметаллического и свинцово-цинкового оруденения

<i>Рудные</i> <sup>1</sup>		<i>Нерудные жильного тела</i>
Арсенопирит	Сфалерит	Кварц
Пирит	Галенит	Анкерит
Золото	Борнит	Сидерит
Пирротин	Блеклые руды	Кальцит
Медный колчедан		Барит
		Флюорит
		Серцит

*Минералы околожильного изменения пород:* кварц, хлорит, серицит, диккит, алу-нит, карбонаты, сульфиды (пирит, арсенопирит и др.).

*Экзогенные продукты:*

Самородные элементы — медь, сера, золото.

Сернистые соединения — халькозин, ковеллин, борнит, марказит и др.

Окислы — лимонит, окислы марганца, куприт, тенорит, опал, халцедон.

Силикаты — хризокolla, каламин, нонтронит.

Карбонаты — малахит, азурит, смитсонит, гидроцинкит, церуссит, аурихальцит.

Сульфаты — ярозит, халькантит, брошантит, линарит, антлерит, мелантерит, госларит, англезит, гипс и др.

Фосфаты и их аналоги — пироморфит, ванадинит, скородит, оливенит, либетенит и др.

Хроматы, молибдаты — крокоит, вульфенит.

#### Б. В жилах мышьяковистых кобальто-серебряных

<i>Рудные</i>		<i>Нерудные</i>
Кобальтин	Прустит	Кварц
Шпейсовый кобальт	Аргентит	Барит
Никелин	Блеклая руда	Кальцит
Герсдорфит	Висмут	Анкерит
Хлоантит	Уранинит	
Пираргирит	Мышьяк самородный	

*Вторичные продукты:* серебро, аргентит, кобальтовые и никелевые цветы (эригрин и аннабергит), вторичные урановые минералы (урановые слюдки, гуммит, урановые силикаты).

#### В. В золотоносных жилах

<i>Рудные</i>		<i>Нерудные</i>
Пирит	Сурьмяный блеск	Кварц
Медный колчедан	Шеелит	Барит
Блеклые руды	Арсенопирит	(Алунит)
Галенит	Сульфосоли серебра	
Золото	Аргентит	

<sup>1</sup> Порядок перечисления минералов отвечает приблизительно последовательности их выделения.

*Вторичные продукты:* ярозит, лимонит, золото, серебро (см. также стр. 302, Экзогенные продукты).

#### МИНЕРАЛЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЖИЛ

##### *Рудные*

Сурьмяный блеск  
Киноварь  
Марказит

##### *Нерудные*

Барит  
Кварц  
Халцедон  
Флюорит

Иногда золото, сфалерит, галенит, реальгар, аурипигмент, редко ферберит.

*Вторичные продукты:* сенармонит, валентинит и другие окислы сурьмы, самородная ртуть, метациннабарит.

#### Продукты метасоматического процесса

##### А. Минералы скарнов

##### Известковые скарны

##### *Нерудные*

Волластонит  
Диопсид  
Геденбергит  
Роговая обманка  
Гранаты, особенно андрадит  
иgrossуляр  
Аксинит  
Везувиян  
Скаполит  
Эпидот  
Хлориты  
Кальцит  
Апатит  
Гельвин  
Датолит

##### *Рудные*

Халькопирит  
Сфалерит  
Шеелит  
Молибденит  
Железный блеск  
Магнетит  
Пирротин  
Арсенопирит  
Висмутовый блеск  
Висмут самородный  
Окислы марганца

##### Магнезиальные скарны

##### *Нерудные*

Диопсид  
Тремолит  
Актинолит  
Форстерит  
Шпинель  
Корунд  
Гранаты  
Гумит

Хондродит  
Титанит  
Серпентин  
Хризотил-асбест  
Флогопит  
Магнезит  
Брусит  
Графит

##### *Рудные*

Магнетит  
Железный блеск  
Кобальтин

*Продукты изменения* (в скарновых зонах): нонтронит, лимонит, каолиновые минералы, опал, гизингерит, псиломелан, вад, пиролюзит, манганит, скородит, повеллит, хризоколла, малахит, кальцит, гипс, гидромагнезит.

##### Б. Минералы месторождений корунда

Корунд  
Хлорит  
Пивит

Рутил  
Диаспор  
Маргарит  
Хлоритоид

## Минералы осадочного происхождения

### МИНЕРАЛЫ ГИПЕРГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

#### А. В зоне железной шляпы рудных месторождений

Обычны лимонит, ярозит, кальцит, арагонит, гипс, сера. Кроме того, наблюдаются следующие минералы (по типам месторождений).

##### а) Медные месторождения

Медь  
Куприт  
Тенорит  
Малахит  
Азурит  
Хризоколла  
Дюптаж  
Фосфаты и арсенаты меди (либетенит, оливенит, элит, торбернит)  
Сульфаты меди (халькантит, брошантит, линарит, антлерит)  
Атакамит

##### б) Цинковые месторождения

Смитсонит  
Гидроцинкит  
Аурихальцит

Адамин  
Каламин  
Госларит  
Цинково-медный мелантерит

##### в) Серебряные месторождения

Серебро  
Электрум  
Кераргирит

##### г) Свинцовые месторождения

Церуссит  
Англезит  
Пироморфит  
Ванадинит  
Деклуазит  
Вульфенит  
Штольцит  
Крокит  
Свинцовые охры (маскот, сурик)  
Фосгенит

Ледгиллит  
Линарит  
Плюмбоярозит

##### д) Мышьяковые месторождения

Скородит  
Питтицит  
Арсенолит  
Мышьяк

##### е) Сурьмяные месторождения

Валентинит  
Сенармонит  
Стибиконит  
Сервантит  
Кермесит  
Биндгеймит

##### ж) Мслибденовые месторождения

Повеллит  
Ферримолибдит

#### Б. В коре выветривания ультраосновных пород

Серпентин  
Тальк  
Магнезит  
Доломит  
Хлорит  
Гидромагнезит  
Брусит  
Керолит

Девейлит  
Бейделлит  
Монтмориллонит  
Галлуазит  
Нонтронит  
Ревдинскит  
Гарниерит

Лимонит  
Окислы марганца (вад, асболан)  
Арагонит  
Кальцит  
Халцедон  
Опал

#### В. Продукты выветривания и гидрохимических реакций в осадках и почвах

##### В известняках и мергелях

Кварц, халцедон, кремь  
Кальцит  
Лимонит  
Сфросидерит  
Псиломелан  
Вад

##### В гипсоносных породах

Палыгорскит  
Гипс  
Целестин  
Барит  
Сера  
Арагонит  
Кальцит

Бораты:  
Гидроборатит  
Боронатрокальцит  
Иниоит  
Пандермит  
Колеманит  
β-ашарит

*В глинистых и песчаных отложениях*

Каолинит	Марказит
Глауконит	Пирит
Фосфорит	Ярозит
Вивианит	

Выцветы почв: галит, гипс, мирабилит, эпсомит, кизерит, калинит, галотрихит, сода, селитра (K и Na), бура.

**ХИМИЧЕСКИЕ МОРСКИЕ И ОЗЕРНЫЕ ОСАДКИ**

Гипс	Эпсомит	Мирабилит	Бура
Ангидрит	Кизерит	Тенардит	Борацит
Галит	Каинит	Астраханит	Гидроборацит
Полигалит	Карналлит	Тахгидрит	Колеманит
	Сильвин		Пандермит
			Сода
			Трона
			Термонатрит

**МИНЕРАЛЫ РОССЫПЕЙ**

Кварц	Золото	Монацит	Касситерит
Полевой шпат	Киноварь	Ксенотим	Вольфрамит
Слюда	Платина	Турмалин	Шеелит
Гранат	Магнетит	Топаз	Шпинель
Рутил	Ильменит	Ортит	Корунд
Циркон	Хромит	Эвклаз	
	Алмаз		

**Минералы, возникающие в связи с региональным метаморфизмом**

**А. В кристаллических сланцах**

Гранаты (альмандин)	Дистен	Турмалин	Тальк
Андалузит	Ставролит	Корунд	Хлорит
Хиастолит	Кордиерит	Актинолит	Пирофиллит
Силлиманит	Слюды	Роговая обманка	Серицит
Графит			Магнетит
			Пирит

**Б. В жилах альпийского типа**

Кварц	Рутил	Сфен	Прохлорит
Адуляр	Анализ	Апатит	Актинолит
Альбит	Брукит	Эпидот	Кальцит

**СПИСКИ МИНЕРАЛОВ  
НЕКОТОРЫХ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИ ИНТЕРЕСНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ СССР**

Отмечены: курсивным шрифтом — минералы, встречающиеся в красивых образцах; знаком! — замечательные в каком-либо отношении (новые, редкие, обнаруживающие оригинальные формы или оригинальные случаи нахождения); звездочкой — известные в малом количестве; обыкновенным шрифтом без всяких отметок — минералы, часто встречающиеся, иногда в значительном количестве.

1. *Абагайтуй* — плавиковое месторождение. Забайкалье.

*Флюорит*, накрит, барит.

2. **Аккермановское** никель-кобальтовое месторождение. Оренбургская область.

Кварц, халцедон, хризопраз, магнетит\*, пиролюзит\*, бурый железняк, Ni вад, асболан\*, кальцит, доломит, *магнетит*\*, арагонит\*, серпорфит, хризотил-асбест, церматит\*, девейлит<sup>1</sup>, *гарниерит*, *ревдинскит*, *сепиолит*<sup>2</sup>, *керолит*<sup>3</sup>, тальк, бейделлит, монтмориллонит\*, нонтронит, хром-нонтронит\*, гипс.

3. **Алматы** — медное месторождение. Узбекская ССР.

Медь самородная\*, молибденит\*, галенит, сфалерит\*, ковеллин, халькозин, пирит, халькопирит, кварц, куприт, тенорит, железный блеск, магнетит, бурый железняк, малахит, азурит, турмалин\*, серицит, каолин, хризоколла, гипс, ярозит.

4. **Алтынтау**. Центральные Кызылкумы, Каракалпакская АССР.

Пегматиты в гранитах: кварц, *микроклин-пертит*, клевеландит, *мусковит*! (пористый, содержит Ga), гранат\*.

Пегматиты в сланцах: *микроклин-пертит*, альбит, диопсид бесцветные (в пересечении известнякового пропластка), турмалин синий\* и розовый, лепидолит\*, апатит темно-зеленый (в пересечении известнякового пропластка) и др.

Грейзен: кварц, *касситерит*, мусковит.

5. **Арпакленское** месторождение витерита. Копетдаг, Кара-Калинский район, Туркменская ССР.

Галенит\*, сфалерит, *витерит*, барит.

6. **Аурахмат** — плавиковое месторождение. Казахская ССР.

Галенит\*, сфалерит\*, минералы меди\*, *флюорит*, *накрит*, барит\*.

7. **Ахматовская копь**. Назямские горы (Урал).

В трещинах в пироксено-гранатовой, хлорито-гранатовой и хлорито-пироксеновой породах на контакте габбро с известняками.

Кварц\*, магнетит! (кристаллы), кальцит разный, альбит\*, диопсид (в виде кристаллов), *гроссуляр-андрадит*, андрадит, *меланит*, гумит!, *везувит* (зеленые и бурые кристаллы), циркон\*, эпидот, *букландит*\*<sup>4</sup>, *клинохлор*, *сфен*! (белый пластинчатый), *перовскит*, *апатит*\*.

8. **Бадамское** — плавиково-баритовое месторождение. Казахская ССР.

Флюорит, блеклая руда\*, малахит\*, азурит\*, барит.

9. **Белуха** — вольфрамовое месторождение. Забайкалье.

Висмут самородный\*, висмутый блеск\*, молибденит, галенит\*, сфалерит, пирротин, халькопирит, пирит, марказит\*, арсенипирит\*, флюорит, кварц, халцедон, кальцит, турмалин (в грейзене), жильбертит, мусковит, вольфрамит, шеелит.

В зоне окисления: сера самородная\*, медь, молибденовая охра\*, висмутовая охра, вольфрамовая охра, куприт\*, малахит\*, азурит\*.

10. **Березовский рудник** — золоторудное месторождение. Свердловская область. Золото в кварце, галенит, халькопирит, пирит, *блеклая руда*, *айкинит*, кварц, *актинолит*, турмалин, *фуксит*, *пиррофиллит*, *шеелит*\*.

*Вторичные минералы*: золото, *фосгенит*\*, *висмутовая охра* (псевдоморфозы по айкиниту), *лимонит* (псевдоморфозы по пириту), *церуссит*, малахит, азурит, *пироморфит*, *англезит*\*, крокоит, *вокеленит*, ярозит, *вульфенит* и др.

11. **Борзовское** месторождение корунда. Урал.

Корундоносные жилы в ультраосновных породах: основной плагиоклаз, *корунд*, маргарит, турмалин, хлорит, диаспор, рутил, пирит, апатит, титанит, магнетит, шпинель, мусковит, вермикулит, циркон, цеолиты, кальцит, салонит.

«Реакционные каймы»: вермикулит, хлорит, *актинолит*, серпентин и другие минералы из числа перечисленных выше.

12. **Букука** — вольфрамовое месторождение. Забайкалье.

*Молибденит*, *висмутый блеск*, галенит, сфалерит, пирротин, халькопирит, пирит, марказит\*, *станный*\* (на участке Сушаниха), арсенипирит\*, флюорит, кварц, халцедон, *касситерит*\* (на участке Сушаниха), альбит, мусковит, *жильбертит*, *вольфрамит*. В зоне окисления: *молибденовая охра*, висмутовая охра, малахит\*, азурит\*, халькантит\*, шеелит.

13. **Гипсовые месторождения на Оке**. Горьковская область.

Известковые туфы, *пальгорскит*, гипс, гипсовый песчаник.

<sup>1</sup> Девейлит —  $4\text{MgO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  — аморфный, напоминает гуммиарабик. Цвет белый и желтый, до красноватого. Тв. 2—3,5. Уд. в. 2—2,2. Встречается как продукт разложения серпентина.

<sup>2</sup> Сепиолит (морская пенка)  $\text{H}_4\text{Mg}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}$  — корка и сплошные массы белого цвета. Уд. в. 2 (пористый, легкий). Встречается в связи со змеевиками.

<sup>3</sup> Керолит  $\text{H}_6\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_9$  — аморфное вещество. Цвет белый, желтый или красноватый. Хрупкий. Тв. 2—2,5. Уд. в. 2,3—2,4. Встречается в трещинах змеевика.

<sup>4</sup> Букландит — разновидность эпидота; отличается укороченным видом кристаллов по оси *b* и черным цветом.

14. Дарасунское месторождение: Забайкалье, Шилкинский район, Читинская область.

Галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, арсенопирит, блеклая руда, кварц (жильное тело).

В зоне окисления: золото, ковеллин, тенорит, охры железные, малахит\*, азурит\*.

15. Дашкесан. Азербайджанская ССР, Наримановский район. Скарны среди порфиритов, туфов и известняков.

Молибденит\*, пирротин\*, борнит\*, пирит! (некоторые пириты содержат Со), халькопирит, арсенопирит\* (содержит Со), кобальтин, глаукоодот<sup>1</sup>, кварц, гематит, мартит\*, магнетит, кальцит, дашкесанит!<sup>2</sup>, андрадит, эпидот, хлорит, эритрин.

16. Дегтярское колчеданное месторождение. Свердловская область.

Залегаёт в кварцево-серпичитовых сланцах.

Сера\*, халькозин\*, ковеллин, халькопирит, пирит, теннантит, гидраты окиси железа, барит\*.

17. Джекказган. Казахская ССР.

Медь\*, галенит, сфалерит\*, халькозин\* (двойники), ковеллин, гарризит!<sup>3</sup>, борнит, халькопирит, пирит, теннантит, атакамит, таллингит!\*, кварц, халцедон\*, куприт\*, медная смоляная руда, бурый железняк\*, лампадит!\*, кальцит, арагонит\*, церуссит, малахит, азурит, галлуазит\*, азурит\*, полевые шпаты (ортоклаз, альбит и др.), мусковит, брошантит, линарит, ярозит\*.

18. Джидинское вольфрамовое месторождение. Джидинский район. Бурятская АССР.

Сера\*, золото\* (в гранодиоритах), молибденит! (в полевом шпате), галенит, сфалерит, ковеллин, халькопирит, пирит, блеклая руда, линдстрёмит!<sup>4</sup>, флюорит, парагеркусит\*, кварц, халцедон, ферримолибдит, тунгстит, окислы марганца, кальцит\*, анкерит, родохрозит, малахит\*, азурит\*, полевые шпаты (ортоклаз, альбит и др.), мусковит, жильбертит, каолин\*, апатит\*, триплит!, гипс\*, гюбнерит!, шеелит\* и др.

19. Журавлинское алунитовое месторождение. Свердловская область.

Гидраргиллит!, каолин, галлуазит!, алунит!, ярозит.

В окрестных известняках: флюорит\* (ратовкит), глаукоцит\*.

20. Заводинский рудник. Алтай.

Висмут самородный, галенит, алтаит!\*, аргентит, гессит!\* (частично псевдоморфозы по пириту), сфалерит! (черная разновидность, спутник алтаита и гессита), халькопирит, борнит\*, пирит! (содержит Se), цинкенил\*, спутник алтаита и гессита), халькопирит, гяалит, кальцит.

В зоне окисления: медь, золото, серебро, кераргирит!, куприт, сурик\*, теллуригит!, пиролюзит, манганит, псиломелан, лимонит, кальцит (частично псевдоморфозы по арагониту), арагонит\*, малахит, азурит, смитсонит\*, церуссит (кристаллы), галмей, мелангерит.

21. Змеиногорский рудник. Алтай.

Висмутин! (радиальнолучистые конкреции), галенит, аргентит, сфалерит! (частично сталактитовидный, обнаруживает трибюлюминесценцию), халькопирит, пирит, арсенопирит\*, тетраэдрит, штроейрит!, кварц, кальцит (кристаллы), анкерит, барит, шеелит.

Гипергенные минералы: медь, серебро, электрум, золото, аргентит!, борнит\*, кераргирит, куприт (частично халькотрихит), тенорит, сурик\*, свинцовые охры, пиролюзит, манганит, лимонит, кальцит, малахит, азурит! (шаровые конкреции), аурихальцит!\*, смитсонит\*, церуссит, хризокolla, каламин\*, каолин (каменный мозг), барит, гипс, мелангерит, ярозит.

22. Зырянский рудник. Алтай.

Галенит! (скорлуповатая спайность, содержит Se), сфалерит, халькопирит, пирит, арсенопирит\*, тетраэдрит, кварц, кальцит, анкерит, барит (в верхних горизонтах).

Гипергенные минералы: медь, серебро, электрум, золото, аргентит, халькозин, борнит\*, марказит, кераргирит, атакамит\*, фосгенит\*, куприт! (кристаллы и халькотрихит), тенорит, кварц, хризокolla, браунит, пиролюзит, манганит, лимонит, кальцит, анкерит, смитсонит! (окристаллизован, многочисленные разновидности), галмей, арагонит, церуссит, малахит, азурит (шаровидные стяжения, кристаллы), аурихальцит\*, каламин (кристаллы), каолин, аллофан, псевдомалахит\*, бирюза\*, англезит, гипс, госларит\*, мелангерит, халькантит, брошантит, ярозит.

<sup>1</sup> Глаукоодот (Со, Fe)AsS — сплошной и в виде кристаллов ромб. с. Тв. 5. Уд. в. 5.9—6.0. Цвет серовато-оливочно-белый. Блеск металлический.

<sup>2</sup> Дашкесанит — хлорсодержащая разновидность роговой обманки.

<sup>3</sup> Гарризит — псевдоморфоза халькозина по галениту (?).

<sup>4</sup> Линдстрёмит —  $2PbS \cdot CuS \cdot 3Bi_2S_3$  — игольчатые и удлиненные призматические кристаллы с продольной штриховкой. Цвет стально-серый. Спайность в нескольких направлениях. Тв. 3—3.5. Уд. в. 7.0.

23. Калангуй — плавиковое месторождение. Забайкалье.

Плаиковый шпат, накрит.

24. Кансайское свинцово-цинковое месторождение. Северный Таджикистан.

Скарны: гроссуляр, диопсид, волластонит\*, тремолит\*, пренит\*, везувиан, флогопит\*, хризотил-асбест\*; рудные: галенит («свинчак» и кристаллический), сфалерит, халькопирит, пирит, марказит; церуссит, гидромагнетит, каламин, галлуазит, англезит, гипс, брошантит, линарит.

Участок Южная Дарбаза: галенит, сфалерит, халькопирит\*, пирит, кварц, гётит, кальцит, церуссит! (кристаллы, песок и сплошные массы), гидроцинкит, аурихальцит\*, каламин\* (кристаллы), хризоколлa\*, галлуазит, англезит, гипс, брошантит\*, линарит\*, вульфенит.

25. Каракумское месторождение серы. Туркменская ССР.

Сера, серная кислота, халцедон (корки), опал\*, охры разные, целестин, гипс.

26. Караэльчинское ртутное месторождение. Копетдаг, Туркменская ССР.

Ртуть самородная\*, киноварь, сфалерит, метациннабарит, халькопирит\*, пирит, кварц, гематит, кальцит, барит\*.

27. Карпушинский рудник. Свердловская область.

Галенит, сфалерит, ковеллин (зона цементации), борнит, халькопирит, пирит, теннантит, кварц, барит.

В зоне окисления: лимонит, мелантерит, халькантит.

28. Керченские железорудные месторождения. Крымская область.

Пирротин!\* пирит\*, бурый железняк, псломелан, вад, кальцит, сидерит, шамозит, фосфорит, курсит!<sup>1</sup> (псевдоморфозы по древесине), вивианит,  $\alpha$ -керченит!<sup>2</sup> (кристаллы),  $\beta$ -керченит!<sup>3</sup>,  $\gamma$ -керченит!\*<sup>4</sup>, оксикерченит!<sup>5</sup>, босфорит!<sup>6</sup>, митридатит!<sup>7</sup>, барит! (в раковинах), гипс, ярозит! (натроярозит).

29. Месторождение Красный Кордон. Восточная Калба.

Пегматиты: кварц\* (сплошной, прозрачный), микроклин! (коричневый, тонкопронизанный биотитом), турмалины зеленые! и розовые волокнистые!, рубеллиты, турмалины полихромные\*, лепидолит! (мелкочешуйчатый, плотный), лепидолит скорлуповато-сферический!, поллуцит! петалит!, микролит\* и др.

30. Кулуджунское золотое месторождение. Казахская ССР.

Золото самородное\*, антимонит (кристаллы), халькопирит\*, пирит, арсенопирит, кварц, шеелит\*.

31. Кусинское титаномагнетитовое месторождение. Челябинская область.

Рудные жилы среди габбровых пород (амфиболитов).

Титаномагнетит, альбит, актинолит, альмандин, скаполит\*, турмалин, хлорит (риподолит), сфен, апатит.

32. Лебяжинский рудник. Нижний Тагил, Свердловская область.

Магнетит, вад, апатит.

33. Липовское месторождение. Урал.

Петалит, розовый турмалин, лепидолит, коллоидный водный магнезиальный алюмосиликат, апатит и др.

34. Ляканское месторождение. Северные склоны Туркестанского хребта. Таджикская ССР.

В известняке: кальцит, целестин, гипс.

35. Лянгарское месторождение. Узбекская ССР.

Висмут самородный, молибденит, сфалерит\* (черный, гринокит\*, халькопирит, пирротин, пирит, марказит, флюорит\*, кварц, тунгстит (по шеелиту), бурый железняк, псломелан, вад, кальцит, анкерит, малахит\*, диопсид-геденбергит, волластонит, актинолит, гроссуляр-андрадит, везувиан!, эпидот, ливерит\*, нонтронит, хризоколлa\*, апатит\*, гипс, сульфаты (Fe, Al и др.) шеелит, повеллит!

<sup>1</sup> Курсит  $2Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2 \cdot CaCO_3$  — составная часть некоторых фосфоритов.

<sup>2</sup>  $\alpha$ -керченит  $3FeO \cdot 3Fe_2O_3 \cdot 3P_2O_5 \cdot 21H_2O$  — друзы кристаллов зеленого цвета; продукт окисления яснокристаллического вивианита.

<sup>3</sup>  $\beta$ -керченит  $5FeO \cdot 3Fe_2O_3 \cdot 3P_2O_5 \cdot 23H_2O$  — землистые образования голубого цвета. Продукт окисления землистого вивианита.

<sup>4</sup>  $\gamma$ -керченит — нормальный  $7FeO \cdot Fe_2O_3 \cdot 3P_2O_5 \cdot 23H_2O$  — землистые скопления голубого цвета, продукт окисления белого землистого вивианита; магнезиальный  $7(Fe, Mg)O \cdot Fe_2O_3 \cdot 3P_2O_5 \cdot 23H_2O$  — крупнокристаллические агрегаты.

<sup>5</sup> Оксикерченит (Mn, Mg, Ca)  $O \cdot 4Fe_2O_3 \cdot 2P_2O_5 \cdot 21H_2O$  — сростки кристаллов бурого цвета. Продукт полного окисления яснокристаллического вивианита.

<sup>6</sup> Босфорит  $3Fe_2O_3 \cdot 2P_2O_5 \cdot 17H_2O$  — конечный продукт окисления землистого вивианита.

<sup>7</sup> Митридатит  $3CaO \cdot 2Fe_2O_3 \cdot 2P_2O_5 \cdot nH_2O$  — землистые скопления и плотные массы зеленого цвета. Продукт изменения фосфатов группы вивианита.

**36. Майкаин** — золото-полиметаллическое месторождение. Казахская ССР.  
*Золото!* (в кварце и на буром железняке), *сера*, *аргентит!* (в сере), *халькозин*, *галенит*, *сфалерит\**, *ковеллин*, *халькопирит*, *пирит*, *кераргирит!* (кристаллы), *кварц*, *куприт\**, *гематит*, *бурый железняк*, *псиломелан\**, *церуссит!* (двойники), *малахит*, *азурит*, *серицит*, *хризоколла*, *барит*, *гипс*, *ярозит!*

**37. Мамское** слюдяное месторождение. Сибирь, Мамско-Чуйский район, Иркутская область.

*Кварц*, *черный турмалин*, *мусковит!*, *биотит* и др. Во вмещающих породах: *гранат*, *дистен*.

**38. Мурзинские** месторождения цветных камней, Свердловская область.

1) Район Алабашки: *дымчатый кварц*, *касситерит\**, *ортоклаз*, *альбит*, *письменный гранит*, *гранат*, *кордиерит*, *топаз*, *турмалин!*, *дюротьерит\**, *мусковит*, *фуксит*, *лепидолит*, *апатит*, *гердерит!*, *синий фосфат глинозема* (землистый).

2) Район Мурзинки: *дымчатый кварц*, *горный хрусталь*, *аметист!*, *альбит!*, *кордиерит\**, *топаз!*, *турмалин*.

**39. Нагольный кряж**. Донбасс, Украинская ССР.

*Золото\**, *галенит*, *сфалерит!*, *пирит*, *арсенопирит\**, *блеклая руда*, *буланжерит!*, *эмболит!*, *кварц*, *анкерит*, *накрит\**.

**40. Найзатас** — марганцево-железородное месторождение. Казахская ССР.

*Кварц*, *халцедон*, *гематит*, *пирролюзит*, *гаусманит*, *псиломелан*, *вад*, *бурый железняк*, *кальцит\**, *жильбертит\**, *каолин*, *каменный мозг!*, *барит*, *гипс\**.

**41. Наукатское** месторождение. Ошская область, Киргизская ССР.

В песчаниках: *медь!*, *атакамит*, *халькозин*, *ковеллин*, *халькопирит*, *борнит*, *куприт*, *малахит*.

**42. Нерчинское** золото-ртутное месторождение — Горбуновское. Нерчинский район, Читинская область.

*Золото*, *киноварь*, *халцедон*, *барит*.

**43. Никитовское** ртутное месторождение. Донбасс, Украинская ССР.

*Антимонит*, *киноварь*, *марказит*, *арсенопирит\**, *сурьмяная охра\**, *накрит*, *гексагидрит<sup>2</sup>*, *минерал состава (Fe, Mg)SO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O<sup>3</sup>*.

**44. Лениногорский и Сокольный** рудники, Алтай.

*Золото*, *галенит*, *сфалерит*, *халькопирит*, *пирит*, *тетраэдрит*, *кварц*, *барит*.

*Гипергенные минералы*: *медь*, *серебро*, *электрум*, *золото*, *аргентит*, *халькозин*, *пирит*, *марказит*, *кераргирит*, *фосгенит\**, *куприт*, *охры свинцовые*, *пирролюзит*, *лимонит*, *кальцит*, *сидерит\**, *смитсонит*, *анкерит*, *церуссит* (кристаллы), *малахит*, *азурит!* (кристаллы), *хризоколла*, *каолин*, *англезит\**, *гипс*, *ярозит*.

**45. Савватеевское** месторождение Борщевочный кряж, Забайкалье.

*Кварц*, *ортоклаз*, *альбит*, *гранат*, *турмалин* (розовый, зеленый, черный), *мусковит*, *лепидолит* и др.

**46. Садонский рудник**. Кавказ.

*Молибденит\**, *галенит*, *сфалерит*, *пирротин*, *халькопирит*, *арсенопирит\**, *фосгенит\**, *кварц*, *кальцит*. Вторичные: *самородный мышьяк\**, *смитсонит\**, *церуссит\**, *малахит*, *азурит\**.

**47. Семизбугу** — месторождение корунда и андалузита. Казахстан.

*Залегае* во вторичных кварцитах. Гнездообразные корундовые тела окаймляются андалузитовыми и кварцево-андалузитовыми зонами.

*Минералы корундовых тел*: *пирит\**, *корунд!* (плотный), *гематит*, *рутил\**, *диаспор\**, *циркон\**, *мусковит*.

*Минералы андалузитовых зон*: *пирит\**, *кварц* (в наружных частях), *корунд*, *рутил\**, *диаспор*, *лимонит*, *циркон\**, *андалузит*, *пирофиллит*, *барит*, *алунит*.

**48. Река Слюдянка**. Слюдянский район, Иркутская область.

*Графит*, *пирит*, *пирротин*, *шпинель*, *кальцит*, *ортоклаз*, *диопсид!*, *хромовый диопсид*, *тремолит*, *гранат!*, *скаполит!*, *глауколит*, *ляпис-лазурь!*, *циркон*, *форстерит*, *флогопит!*, *гидрослюда*, *титанит*, *апатит!*, *барит\**, *сиалофан* и др.

**49. Соликамское** месторождение. Соликамский район, Пермская область.

*Галит*, *сильвинит<sup>4</sup>*, *карналлит*, *сильвин*.

<sup>1</sup> Каменный мозг — твердая разновидность каолина.

<sup>2</sup> Гексагидрит (Mg, Fe)SO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O жилкового или волокнистого строения минерал, белого цвета, легко растворяющийся в воде, солоноватоватый на вкус. Длинные волокна гексагидрита на Никитовском месторождении принимались за эпсомит.

<sup>3</sup> Корочки и сталактитоподобные натёки бутылочно-зеленого цвета. Легко растворяются в воде и окисляются на воздухе. На Никитовском месторождении принимались за мелантерит, т. е. FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O.

<sup>4</sup> Сильвинит — тесная смесь галита с сильвином.

**50. Степняк** — золоторудное месторождение. Энбекшильдерский район, Кокчетавская область, Казахская СССР.

Золото самородное, антимонит, галенит, халькозин, сфалерит, ковеллин\*, халькопирит, пирит, блеклая руда<sup>1</sup>, малиновскит (?), кварц, халцедон\*, бурый железняк, псиломелан, кальцит, церуссит, малахит, азурит, *пироморфит*, ярозит, шеедит, вульфенит.

**51. Такели** — полиметаллическое месторождение. Карамазар, Северный Таджикистан.

Рудные жилы, трубы и контакты.

Галенит (свинчак и кристаллический), сфалерит (грех генераций, наиболее ранний, черный, содержит марганец), пирротин\*, пирит, арсенопирит, тетраэдрит, флюорит\*, кварц, магнетит, кальцит (черный), сидерит, гранат, эпидот, турмалин, барит\*.

Гипергенные минералы: окислы свинца\*, вад\*, лимонит; кальцит, *смитсонит*, арагонит, церуссит, малахит\*, *гидроцинкит*, аурихальцит; *каламин*, скородит, пироморфит, миметезит англезит (кристаллический), гипс, брошантит, ярозит, вульфенит\*.

Кроме перечисленных, известны сульфиды и вторичные минералы зоны окисления, наблюдающиеся только под микроскопом.

**52. Улькун-Джезды** — марганцево-рудное месторождение. Казахская ССР.

Гематит, *браунит*, *псиломелан*, каолин\*, барит\*.

**53. Халиловское** никель-кобальтовое месторождение. Оренбургская область.

Пентландит, пирит, халцедон, *опал*, магнетит\*, хромит\*, брусит\*, псиломеланы и вады (содержат Ni и Co), кальцит, *магнезит*, доломит, арагонит, серпентин, хризотил-асбест, гарниерит, ревдинскит, *бейделлит*, керолит, *нонтронит*! (содержит Ni и Co), гипс.

**54. Хапчеранга** — оловяннокаменное месторождение. Забайкалье.

Галенит, сфалерит, пирротин, халькопирит, пирит, арсенопирит, станнин; некоторые другие сульфиды, различимые только под микроскопом. Флюорит (двух генераций), кварц, касситерит, лимонит, кальцит! (волокнистый), *смитсонит*\*, церуссит, малахит\*, азурит\*, топаз\*, скородит, вольфрамит\*.

**55. Чиатури** — марганцевое месторождение. Грузинская ССР.

Пирролюзит, псиломелан, вад. В базальтовом покрове окрестностей — мезолит<sup>1</sup>.

**56. Чикойское** молибденовое месторождение. Красночикойский район, Читинская область.

*Молибденит*!, висмутовый блеск\*, пирротин, пирит, кальцит, *самородный мышьяк*!

Вторичные: молибденовая охра, гипс, *повеллит*!

**57. Чорух-Дайронское** шеелитовое месторождение в Моголтау. Северный Таджикистан.

Жилообразные зоны в адамеллитах: медь\*, пирит\*, халькопирит, флюорит; тенорит, кварц, магнетит\*, кальцит, малахит\*, альбит, скаполит (мариалит), *андрадит*, *хризоколла*!, *нонтронит*; барит, гипс, вульфенит\*, *шеелит*!

**58. Шишимская копь**. Шишимские горы, Урал.

Минералы находятся в лейхтенбергитовых сланцах по плоскостям сланцеватости и в пустотах.

Пирит, железный блеск (в сланце), мартит\*, магнетит (в сланце), *магнезиоферрит*<sup>2</sup>, гидраргиллит!<sup>1</sup>, *хрошпинель*, альбит\*, *диопсид* (пластинчатый, белый), актинолит, гранат (псевдоморфозы по оливину), андрадит, везувиян, турмалин\*, *лейхтенбергит*<sup>3</sup>, *ксантофиллит*<sup>4</sup>, монтичеллит, сфен\*, перовскит (порошковатый), сульфит-апатит, тальк-апатит!<sup>5</sup>

**59. Шорсу**, серное месторождение, Фергана (Кашкадарьинская область, Узбекская ССР).

*Sera!*, арагонит, целестин, *гинс!*, кизерит, калинит, алуниит, ярозит (натровый).

<sup>1</sup> Мезолит Na-K цеолит. Образует тонконгольчатые и волосовидные кристаллы, собранные в пучочки. Тв. 5. Уд. в. 2,29.

<sup>2</sup> Магнезиоферрит  $(Mg, Fe)Fe_2O_4$  — кристаллы октаэдры и зернистые массы. Сильно магнитен. Тв. 6,5. Уд. в. 4,57—4,65.

<sup>3</sup> Лейхтенбергит — мало железистый хлорит. Цвет бледно-зеленый, до белого.

<sup>4</sup> Ксантофиллит  $Ca(Mg, Al)_{3-2}(OH)_2[Al_2Si_2O_{10}]$ . Минерал из группы хлоритов. Спайность весьма совершенная. Тв. не одинакова в разных направлениях, от 4 до 6. Цвет зеленый, разных оттенков.

<sup>5</sup> Тальк-апатит — содержит до 10% MgO.

## СПИСКИ МИНЕРАЛОВ ПО ЭЛЕМЕНТАМ

В приводимые списки вошли группы некоторых минералов, содержащих в существенных количествах тот или иной важный для промышленности металл, или соединение, извлекаемое при переработке руд (например, борная кислота из боратов). В число этих минералов включены и некоторые второстепенные минералы, не представляющие самостоятельного значения, но как спутники могущие служить дополнительным источником данного металла или соединения при технологической обработке руд.

Главные минералы, являющиеся источником данного металла или соединения, набраны жирным шрифтом. Минералы, используемые для тех или иных нужд промышленности в природном виде (а не с целью извлечения содержащихся в них металлов) помечены звездочкой (\*).

### АЛЮМИНИЙ

- \* Криолит  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$
- \* Корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- \* Шпинель  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$
- Гидраргиллит  $\text{Al}(\text{OH})_3$
- Бёмит  $\text{AlOOH}$
- Диаспор  $\text{HAlO}_2$
- \* Квасцы  $\text{KAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- Галотрихит  $\text{FeAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$
- \* Алуниг  $\text{KAl}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$
- \* Топаз  $\text{Al}_2(\text{F}, \text{OH})_2[\text{SiO}_4]$
- \* Дистен  $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$
- \* Андалузит  $\text{Al}_2\text{O}[\text{SiO}_4]$
- \* Силлиманит  $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$
- \* Дюмортьерит  $\text{Al}_7[\text{BO}_3]_3\text{O}_3[\text{SiO}_4]_3$
- **Гранаты (глиноземистые)**  $\text{R}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$
- Кордиерит  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$
- \* Группа пальгорскита — водные силикаты Mg и Al сложного состава
- \* Пирофиллит  $\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$
- \* Мусковит  $\text{KAl}_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$
- Хлоритонд  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2(\text{OH})_4\text{Al}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$
- Маргарит  $\text{CaAl}_2(\text{OH})_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$
- Амезит  $(\text{Mg}, \text{Fe})_4\text{Al}_2(\text{OH})_8[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$
- \* Каолинит  $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$
- \* Галлуазит  $\text{Al}_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- Бейделлит  $\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$
- \* Альбит — анортит  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$
- \* Ортоклаз, микроклин  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
- \* Скаполит  $(\text{Na}, \text{Ca})_4(\text{Cl}, \text{SO}_4, \text{CO}_3)[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_8]_3$
- Лейцит  $\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$
- Нефелин  $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$
- \* Цеолиты — водные алюмосиликаты

### БАРИЙ

- Бромлит  $(\text{Ba}, \text{Ca})\text{CO}_3$
- Витерит  $\text{BaCO}_3$
- Баритокальцит  $\text{BaCa}[\text{CO}_3]_2$
- Санборнит  $\text{Ba}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$
- Гиалофан  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$
- Цельзиан  $\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$
- Каппелинит  $\text{Ba}(\text{Y}, \text{Ce}, \text{La})_6\text{B}_6(\text{OH})_2\text{Si}_3\text{O}_{24}$
- Гиалотектит  $(\text{Pb}, \text{Ca}, \text{Ba})\text{B}[\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{F}, \text{OH})]$
- Барилит  $\text{BaBe}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$
- Джиллеспит  $\text{BaFe}^{\text{III}}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$
- Тарамеллит  $\text{Ba}_2\text{Fe}_2^{\text{III}}\text{Si}_5\text{O}_{15}$
- Брюстерит  $(\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- Уэлсит  $(\text{Ca}, \text{Ba}, \text{K}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
- Гармотом  $(\text{Ba}, \text{K}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_5\text{O}_{14}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Эдингтонит  $Ba[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 4H_2O$   
 Бенитоит  $BaTi[Si_3O_9]$   
 Лейкосфен  $Na_4Ba(Ti, Zr)_2Si_4O_{27}$   
 Ураноцирцит  $Ba(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$   
 Нитробарит  $Ba[NO_3]_2$   
 Барит  $BaSO_4$

## БЕРИЛЛИИ

Бромеллит  $BeO$   
 \* Хризоберилл  $BeAl_2O_4$   
 \* Фенакит  $Be_2[SiO_4]$   
 Барилит  $Be_2Ba[Si_2O_7]$   
 Чкаловит  $Na_2BeSi_2O_6$   
 Карпинскит  $(Na, K)_2(Be, Zп, Mg)(OH)_2[Al_2Si_6O_{16}]$   
**Берилл**  $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$   
 Бертрандит  $Be_4(OH)_2[Si_2O_7]$   
 Бавенит  $Ca_4BeAl_2Si_9O_{25}(OH)_2$   
 Эвклаз  $Be_2Al_2Si_2O_8(OH)_2$   
 Эвдидимит }  $NaBeSi_3O_7(OH)$   
 Эпидидимит }  
 Аминовит  $Ca_2(Be, Al)[Si(Si, Al)O_7] \cdot H_2O (?)$   
 Мелифанит  $(Ca, Na)_2[Be(Si, Al)_2O_6F]$   
 Лейкофанит  $CaNa[BeSi_2O_6F]$   
 Тримерит  $(Ca, Mn)_2Be_3Si_3O_{12}$   
 Миларит  $K(Be, Al)_3Ca_2[Si_{12}(O, OH)_{30}]$   
**Гельвин**  $Mn_8S_2[BeSiO_4]_6$   
 Даналит  $(Fe, Zn, Mn)_8S_2[BeSiO_4]_6$   
 Гадолинит  $Y_2Fe \cdot Be_2Si_2O_{10}$   
 Бериллонит  $NaBePO_4$   
 Гамбергит  $Be_2(OH)VO_3$   
 Гердерит  $BeCa(F, OH)[PO_4]$   
 Кольбекит — водный силикофосфат бериллия  
 Сведенборгит  $NaBe_4SbO_7$

## БОР

Сассолин  $B(OH)_3$   
 Еремеевит  $AlBO_3$   
 Ашарит  $MgHBO_3$   
 Людвигит  $(Mg, Fe)_2Fe[BO_3]O_2$   
 Борацит  $Mg_3OCl[B_3B_4O_{12}]$   
 Бура  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$   
 Боронатрокальцит  $NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$   
 Индерит  $Mg_2B_6O_{11} \cdot 15H_2O$   
 Курнаковит  $Mg_2B_6O_{11} \cdot 13H_2O$   
 Индерборит  $MgCaB_6O_{11} \cdot 11H_2O$   
 Гидроборацит  $MgCaB_6O_{11} \cdot 6H_2O$   
 Иньонит  $CaB_6O_{11} \cdot 13H_2O$   
 Колеманит  $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$   
 Витчит  $Ca_2B_6O_{11} \cdot 2H_2O$   
 Пандермит  $Ca_4B_{10}O_{19} \cdot 7H_2O$   
 Датолит  $CaB(OH)[SiO_4]$   
 Данбурит  $CaB_2[SiO_4]_2$   
 Аксинит  $Ca_2(Mn, Fe)Al_2(OH)[BO_3][Si_4O_{12}]$   
 \* Турмалин  $Na(Mg, Fe)_3(Al, Fe)_6(OH)_4[BO_3]_3[Si_6O_{18}]$   
 Флюоборит  $Mg_5(OH)_6B_{10}O_{17}$   
 Варвинит  $(Mg, Fe)_3Ti[BO_4]_2$   
 Серендибит  $(Ca, Mg)_5Al_4(OH)BSi_3O_{18}$   
 Кальдиоборит  $Ca_5B_8O_{17}$   
 Гаррелсит  $H_6(Ba, Ca, Mg)SiO_2B_6O_{20}$   
 Ридмеджерит  $Na_2B_2Si_6O_{18}$

## ВАНАДИИ

Патронит  $VS_2$   
 Колусит  $Cu_3(As, Sn, V, Fe, Te)S_4$   
 Сульванит  $Cu_3VS_4$   
 Аланит  $V_2O_5 \cdot H_2O$   
**Титаномагнетит** (V-содержащий)  $Fe^{++}(Fe, Ti)_2O_4$   
 Кулсонит  $(Fe, V)_3O_4$   
 Ваноксит  $2V_2O_4 \cdot V_2O_5 \cdot 8H_2O$   
 Арденнит  $Mn_4 \cdot Al_4(OH)(V, As)O_4[SiO_4]_4 \cdot 2H_2O$   
 Роскоэлит — ванадиевая слюда  $KV_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$   
 Пухерит  $BiVO_4$   
**Ванадинит**  $Pb_5Cl[VO_4]_3$   
**Деклуазит**  $(Zn, Cu)Pb(OH)[VO_4]$   
 Моттрамит — купродеклуазит, беден Zn  
 Бракебушит  $Pb_2(Mn, Fe)[VO_4]_2 \cdot H_2O$   
 Пиробелонит  $Mn \cdot Pb(OH)[VO_4]$   
 Дешенит  $PbO \cdot V_2O_5(?)$   
 Туранит  $Cu_5(OH)_4[VO_4]_2$   
 Коловратит — ванадат никеля  
 Уванит  $2UO_3 \cdot 3V_2O_5 \cdot 15H_2O(?)$   
**Ферганит**  $U_3O_6[VO_4]_2 \cdot 6H_2O$   
**Хьюэтит**  $CaH_2V_6O_{17} \cdot 8H_2O$   
**Ферванит**  $Fe^{++}[VO_4] \cdot 2H_2O$   
 Россит  $CaV_2O_6 \cdot 4H_2O$   
 Метароссит  $CaV_2O_6 \cdot 2H_2O$   
 Фернандинит  $CaV_2^{+++}[HVO_4]_{10} \cdot 4H_2O$   
 Меланованадит  $Ca_2(VO)_4V_6O_{21} \cdot nH_2O$   
 Паскоит  $Ca_2V_6O_{17} \cdot 11H_2O$   
 Пинтадоит  $CaHVO_4 \cdot 4H_2O$   
 Фольбортит  $CuCa(OH)[VO_4]$   
 Тангенит-кальциофольбортит  $2CaO \cdot 2CuO \cdot V_2O_5 \cdot H_2O$   
 Гюгелит — водный ванадат Pb и Zn  
 Корвусит  $V^{+++}V_6O_{17} \cdot nH_2O$ , содержит также  $UO_3$   
**Карнотит**  $K_2(UO_2)_2[VO_4]_2 \cdot 3H_2O$   
 Тюямунит  $Ca(UO_2)_2[VO_4]_2 \cdot nH_2O$   
 Раувит  $CaO \cdot 2UO_3 \cdot 6V_2O_5 \cdot 20H_2O$   
 Синкозит  $Ca(VO)_2[PO_4]_2 \cdot 5H_2O$   
 Минасрагрит  $V_2^{+++}(OH)_2[SO_4]_3 \cdot 15H_2O$

## ВИСМУТ

Мальдонит  $Au_2Bi$   
 Чилениит  $Ag, Bi$   
**Висмут самородный**  $Bi$   
 Теллуровисмутит  $Bi_2Te_3$   
 Тетрадимит  $Bi_2Te_2S$   
 Жозент  $Bi_4TeS_2$ , содержит также Se  
 Верлит  $Bi_3Te_2(?)$   
**Висмутин**  $Bi_2S_3$   
 Гуанахуатит  $Bi_2(S, Se)_3$   
 Галениит (Bi-содержащий)  $PbS$   
 Виттихенит  $Cu_3BiS_3$   
 Беегерит  $Pb_6Bi_2S_9$   
 Лиллианит  $Pb_3Bi_2S_6$   
 Айкиннит  $PbCuBiS_3$   
 Клапротит  $Cu_6Bi_4S_9(?)$   
 Ширмерит  $PbAg_4Bi_4S_9$   
 Арамайонит  $Ag(Sb, Bi)_2S_2$   
 Матильдит  $AgBiS_2$   
 Шапбахит  $AgBiS_2$   
 Эмплектит  $CuBiS_2$   
 Бенжаминит  $Pb(Cu, Ag)Bi_2S_4$   
 Хаммарит  $Pb_2Cu_2Bi_4S_9(?)$   
 Козалит  $Pb_2Bi_2S_5$   
 Кобеллит  $Pb_2(Bi, Sb)_2S_5$

Виттит  $Pb_5Bi_6(S, Se)_{14}$   
 Линдстрёмит  $PbCuBi_3S_6$   
 Рецбаниит  $Pb_3Cu_2Bi_{10}S_{19}$   
 Галеновисмутит  $PbBi_2S_4$   
 Вейбуллит  $PbBi_2(S, Se)_4$   
 Платинит  $PbBi_2(S, Se)$   
 Аляскаит  $Pb(Ag, Cu)_2Bi_4S_8(?)$   
 Гладит  $PbCuBi_5S_9$   
 Добреит  $BiOCl$  или  $BiCl_3 \cdot Bi_2O_3$   
 Бисмит  $Bi_2O_3$ , мон. с.  
 Силленит  $Bi_2O_3$ , куб. с.  
 Русселит  $(Bi_2, W)_2O_3$   
 Бисмутоганталит  $Bi(Ta, Nb)_4O_4$   
 Эвлитит  $Bi_4[SiO_4]_3$ , куб. с.  
 Агриколит  $Bi_4[SiO_4]_3$ , мон. с.  
 Бисмутоферит  $Bi_2(OH)_4[CO_3]$   
 Норманнит  $3Bi_2O_3 \cdot CO_2$   
 Бисмутит  $Bi_2(OH)_4[CO_3]$   
 Вальтерит }  $Bi_4O_4(OH)_2[CO_3]$   
 Базобисмутит }  
 Бокспутит  $Pb_6Bi_2O_6[CO_3]_3$   
 Пухерит  $BiVO_4$   
 Ателестит  $Bi_3O_2(OH)_2[AsO_4]$   
 Вальпургит  $Bi_{10}U_3O_{18}[AsO_4]_3 \cdot 10H_2O$   
 Рагит  $Bi_5(OH)_9[AsO_4]_2$   
 Арсенобисмит  $Bi_4(OH)_3[AsO_4]_3 \cdot H_2O$   
 Миксит  $Cu_{10}Bi(OH)_8[AsO_4]_5 \cdot 7H_2O$   
 Ураноферит  $Bi_2O_3 \cdot 2UO_3 \cdot 3H_2O(?)$   
 Монтанит  $Bi_2(OH)_4[TeO_4]$   
 Кёхлинит  $Bi_2O_2[MoO_4]$

## ВОЛЬФРАМ

Тунгстенит  $WS_2$   
 Меймакит  $WO_3 \cdot 2H_2O(?)$   
 Тунгстит  $H_2WO_4$   
 Русселит  $(Bi_2, W)_2O_3$   
 Гюбнерит  $MnWO_4$   
 Вольфрамит  $(Fe, Mn)WO_4$   
 Ферберит  $FeWO_4$   
 Шеелит  $CaWO_4$   
 Купротунгстит  $CuWO_4$   
 Повеллит  $Ca(Mo, W)O_4$   
 Распит }  $PbWO_4$   
 Штольцит }  
 Чиллагит  $3PbWO_4 \cdot PbMoO_4$   
 Ферритунгстит  $Fe_2(OH)_4[WO_4] \cdot 4H_2O$

## ГАЛЛИЙ

Галлит  $CuGaS_2$

## ГЕРМАНИЙ

Аргиродит  $Ag_8GeS_6$   
 Германит  $Cu_3GeS_4$   
 Канфильдит  $Ag_8(Sn, Ge)S_6$

## ЖЕЛЕЗО

\* Пирротин  $Fe_{1-x}S$   
 \* Пирит  $FeS_2$   
 Марказит  $FeS_2$   
 Лёллингит  $FeAs_2$   
 \* Арсенипирит  $FeAsS$

Гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   
 Маггемит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   
 Ильменит  $\text{FeTiO}_3$   
 Магнетит  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$   
 Магномагнетит  $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{Fe}_2\text{O}_4$   
 Гётит  $\text{HFeO}_2$   
 Лимонит  $\text{HFeO}_2 \cdot \text{aq}$   
 Лепидокрокит  $\text{FeOOH}$   
 Сидерит  $\text{FeCO}_3$   
 Мелантерит  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   
 Фиброферрит  $\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4 \cdot 4,5\text{H}_2\text{O}$   
 Кокимбит  $\text{Fe}_2[\text{SO}_4]_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$   
 \* Ярозит  $\text{KFe}_3(\text{OH})_6[\text{SO}_4]_2$   
 Рёмерит  $\text{Fe} \cdot \text{Fe}_2 \cdot [\text{SO}_4]_4 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$   
 Графтонит  $(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ca})_3[\text{PO}_4]_2$   
 Вивианит  $\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Азовскит  $\text{Fe}_3 \cdot (\text{OH})_6[\text{PO}_4] \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{aq}$   
 \* Скородит  $\text{Fe}[\text{AsO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
 Штрэнгит  $\text{Fe}[\text{PO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
 Фосфосидерит  $\text{Fe}[\text{PO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
 \* Фаялит  $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$   
 \* Альмандин  $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$   
 Андрадит  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$   
 Гиперстен  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$   
 Геденбергит  $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$   
 Эгирин  $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$   
 Грюнерит  $\text{Fe}_7(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$   
 Лепидомелан  $\text{KFe}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_3(\text{Al}, \text{Fe})\text{O}_{10}]$   
 Глаукозит  $\text{K}(\text{Fe}^{++}, \text{Fe}^{+}, \text{Al}, \text{Mg})_{2-3}(\text{OH})_2[\text{Si}_3(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$   
 Шамозит  $\text{Fe}_4\text{Al}(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$   
 Тюрингит  $\text{Fe}_{3,5}(\text{Al}, \text{Fe})_{1,5}(\text{OH})_6[\text{Si}_{2,5}\text{Al}_{1,5}\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$   
 Ферригаллуазит  $(\text{Fe}, \text{Al})_4(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
 Нонтронит  $(\text{Fe}, \text{Al})_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$

## ЗОЛОТО

Золото самородное  $\text{Au}$   
 Электрум  $(\text{Au}, \text{Ag})$   
 Золотые амальгамы  $\text{Au}_2\text{Hg}_3(?)$   
 Петцит  $(\text{Ag}, \text{Au})_2\text{Te}$   
 Сильванит  $\text{AuAgTe}_4$   
 Креннерит  $\text{AuTe}_2$ , ромб. с.  
 Калаверит  $\text{AuTe}_2$ , мон. с.  
 Мутманнит  $(\text{Ag}, \text{Au})\text{Te}$   
 Ауростибит  $\text{AuSb}_2$   
 Нагиагит  $\text{Au}(\text{Pb}, \text{Sb}, \text{Fe})_8(\text{S}, \text{Te})_{11}$

## ИТТРИЙ

Делоренцит  $(\text{Y}, \text{U}, \text{Fe} \dots)\text{Ti}_2\text{O}_6$  содержит примесь  $\text{SnO}_2$  до 4%  
 Фергюсонит  $(\text{Y}, \text{Er}, \text{Ce}, \text{U})(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})\text{O}_4$   
 Иттротанталит  $(\text{Fe}, \text{Y}, \text{U}, \text{Ca}, \text{Ce})(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_4$   
 Полимигнит  $(\text{Ca}, \text{Y}, \text{Ce} \dots)(\text{Ti}, \text{Zr}, \text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6(?)$   
 Самарскит  $(\text{Y}, \text{Er} \dots)_4[(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_7]_3$   
 Эвксенит  $(\text{Y}, \text{Ce}, \text{Ca}, \text{U}, \text{Th})(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})_2\text{O}_6$   
 Поликраз  $(\text{Y}, \text{Ce}, \text{Ca}, \text{U}, \text{Th})(\text{Ti}, \text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$   
 Бломстрандин-приорит  $(\text{Y}, \text{Er}, \text{Ca}, \text{Fe}^{+}, \text{Th})(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6$   
 Эшвегит — иттровая разновидность пирохлора  
 Линдокит — разновидность эвксенита-поликраза с повышенным содержанием Са и Th и низким — U  
 Шетелегит  $(\text{Ca}, \text{Y}, \text{Sb}, \text{Mn})_2(\text{Ti}, \text{Ta}, \text{Nb})_2(\text{O}, \text{OH})_7$   
 Каппеленит  $\text{Ba}(\text{Y}, \text{Ce}, \text{La})_6\text{B}_6(\text{OH})_2\text{Si}_3\text{O}_{24}$   
 Меланоцерит }  
 Карноцерит }  $\text{Ca}_{16}\text{Na}_4(\text{Y}, \text{La})_3(\text{Zr}, \text{Ce})_6\text{B}_3\text{Si}_{12}\text{O}_{57}\text{F}_{12}$

Гадолинит  $Y_2Fe \cdot Be_2Si_2O_{10}$   
 Иттриалит  $(Y, Th)_2[Si_2O_7]$   
 Роуландит  $(Y, Ce, La)_4Fe \cdot F_2[Si_2O_7]_2$   
 Таленит  $Y_2[Si_2O_7]$   
 Тортвейтит  $(Sc, Y)_2[Si_2O_7]$   
 Боденбендерит  $4(Mn, Ca)O \cdot (Al, Y)_2O_3 \cdot 3(Si, Ti)O_2$   
 Ценозит  $Ca_2(Ce, Y)_2(CO_3)[Si_4O_{12}] \cdot H_2O$   
 Тенгерит  $Y_3Ca(OH)_3[CO_3]_4 \cdot 3H_2O$   
 Ксенотим  $YPO_4$   
 Ретцианит  $Ca_5CeMn_6(OH)_{16}[AsO_4]_3$   
 Вейншенкит  $(Y, Er)PO_4 \cdot 2H_2O$   
 Абукумалит  $(Y, Ca, Th)_{10}(F_2, O)[PO_4, SiO_4, AlO_4]_6$   
 Иттрофлюорит  $((Ca, Y)F_{2-3})$   
 Иттроцерит  $(Ca, Y, Ce, Er)F_{2-3}$

### КАДМИЙ

Гринокит  $CdS$   
 Хаулеит  $CdS$   
 Монтепонит  $CdO$   
 Отавит  $CdCO_3$   
**Сфалерит**  $Cd$ -содержащий  $(Zn, Cd)S$

### КАЛИЙ

**Сильвин**  $KCl$   
**Карналлит**  $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$   
**Калиевая селитра**  $KNO_3$   
 Калицинит  $KHCO_3$   
 Тейлорит  $(K, NH_4)_2SO_4$   
 Лангбейнит  $K_2Mg_2[SO_4]_3$   
 Шёнит (пикромерит)  $K_2Mg[SO_4]_2 \cdot 6H_2O$   
 Леонит  $K_2Mg[SO_4]_2 \cdot 4H_2O$   
**Полигалит**  $K_2MgCa_2[SO_4]_4 \cdot 2H_2O$   
**Каинит**  $KMg[SO_4]Cl \cdot 3H_2O$   
**Алунит**  $KAl_3(OH)_6[SO_4]_2$   
 \* Калиевые квасцы  $KAl[SO_4]_2 \cdot 12H_2O$   
 Калиборит  $KMg_2[B_{11}O_{19}] \cdot 7H_2O$   
 \* Слюды (мусковит, флогопит, биотит)  
 \* Глаукоцит —  $K$ -содержащий гидросиликат  
 Апофиллит  $KCa_4F[Si_4O_{10}] \cdot 8H_2O$   
 \* Калиевые полевые шпаты (ортоклаз, микроклин)  $K[AlSi_3O_8]$   
 Гиалофан  $mK[AlSi_3O_8] \cdot nBa[Al_2Si_2O_8]$ , где  $m > n$   
 Лейцит  $K[AlSi_2O_6]$   
 Филлипсит  $(K_2, Ca)[Al_2Si_4O_{12}] \cdot 4.5H_2O$   
 Гармотом  $(K_2, Ba)[Al_2Si_5O_{14}] \cdot 5H_2O$

### КАЛЬЦИЙ

\* Флюорит  $CaF_2$   
 \* Гр. перовскита  $CaTiO_3$   
 \* Гр. пироклора  $(Na, Ca)_2(F, OH)(Nb, Ti)_2O_6$   
**Кальцит**  $CaCO_3$   
 \* Арагонит  $CaCO_3$   
 \* Доломит  $CaMg[CO_3]_2$   
 \* Ангидрит  $CaSO_4$   
 \* Гипс  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$   
 Беловит-арсенат  $Ca_2(Ca, Mg)[AsO_4]_2 \cdot 2H_2O$   
 Шеелит  $CaWO_4$   
 Повеллит  $CaMoO_4$   
 \* Апатит  $Ca_5[PO_4]_3(F, Cl)$   
 Колеманит  $Ca_2V_6O_{11} \cdot 5H_2O$   
 Иньбит  $Ca_2V_6O_{11} \cdot 13H_2O$   
 \* Гидроборатит  $CaMgV_2O_{11} \cdot 6H_2O$   
 Индеборит  $CaMg[B_6O_{11}] \cdot 11H_2O$

- Ларнит  $\text{Ca}_2[\text{SiO}_4]$   
 \* Гр. граната  
 Везувиан  $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})_4$   
 \* Сфен  $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$   
 Аксинит  $\text{Ca}_2(\text{Mn}, \text{Fe})\text{Al}_2(\text{OH})[\text{BO}_3][\text{Si}_4\text{O}_{12}]$   
 \* Датолит  $\text{CaB}(\text{OH})[\text{SiO}_4]$   
 \* Волластонит  $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$   
 Гр. пироксенов  
 Гр. амфиболов  
 Гр. эпидота  
 Пумпеллит (лортит)  $\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{OH})_3\text{Si}_3\text{O}_{11}$   
 Пренит  $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$   
 Маргарит  $\text{CaAl}_2(\text{OH})_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$   
 \* Плагиоклазы (основные)  
 Гр. скаполита  
 Гр. цеолитов (кальциевых)

## КОБАЛЬТ

- Моддерит  $\text{CoAs}$   
 Линнеит  $\text{Co}_3\text{S}_4$   
 Селенолиннеит  $\text{Co}_3(\text{S}, \text{Se})_4$   
 Зигенит  $(\text{Co}, \text{Ni})_3\text{S}_4$   
 Карролит  $\text{CuCo}_2\text{S}_4$   
 Каттиерит  $\text{CoS}_2$   
 Кобальт-пирит  $(\text{Fe}, \text{Co})\text{S}_2$   
 Кобальт-никель-пирит  $(\text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe})\text{S}_2$   
 Кобальтин  $\text{CoAsS}$   
 Саффорит  $(\text{Co}, \text{Fe})\text{As}_2$   
 Глаукодот  $(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$   
 Скуттерудит  $\text{CoAs}_3$   
 Смальтин  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_{3-2}$   
 Никель-скуттерудит  $(\text{Ni}, \text{Co})\text{As}_3$   
 Хлоантит  $(\text{Ni}, \text{Co})\text{As}_{3-2}$   
 Жюльенит  $\text{Na}_2\text{Co}(\text{SCN})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Стениерит (гетерогенит)  $\text{HCoO}_2$   
 Сферкобальтит  $\text{CoCO}_3$   
 Кобальт-смитсонит  $(\text{Zn}, \text{Mg}, \text{Co})[\text{CO}_3]$   
 Розелит  $\text{Co}_2(\text{Co}, \text{Mg})[\text{AsO}_4]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
 Эритрин  $\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Форбезит  $(\text{Ni}, \text{Co})\text{HASO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
 Биберит  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   
 Кобальт-халькантит  $\text{CoSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

## ЛИТИЙ

- Сподумен  $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$   
 Лепидолит  $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}(\text{F}, \text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$   
 Кукеит  $\text{LiAl}_4(\text{OH})_8[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$   
 Циннвальдит  $\text{KLiFe}^+\text{Al}(\text{F}, \text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$   
 Петалит  $\text{Li}[\text{AlSi}_4\text{O}_{10}]$   
 Эвкриптит  $\text{Li}[\text{AlSiO}_4]$   
 Трифилин  $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Mn})\text{PO}_4$   
 Литиофилит  $\text{Li}(\text{Mn}, \text{Fe})\text{PO}_4$   
 Амблигонит  $\text{LiAl}(\text{F}, \text{OH})\text{PO}_4$   
 Фремонтит  $(\text{Na}, \text{Li})\text{Al}(\text{OH}, \text{F})\text{PO}_4$   
 Сиклерит  $\text{Li}_{<1}(\text{Mn}, \text{Fe}^{2+})\text{PO}_4$   
 Криолитионит  $3\text{NaF} \cdot 3\text{LiF} \cdot 2\text{AlF}_3$

## МАГНИЙ

- Селлаит  $\text{MgF}_2$   
 Карналлит  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   
 Бишофит  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   
 Тахидрит  $2\text{MgCl}_2 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$   
 Периклаз  $\text{MgO}$

- Гейкилит  $MgTiO_3$   
 \* Гр. шпинели  $MgAl_2O_4$   
 \* Магнезиоферрит  $MgFe_2O_4$   
 \* Брусит  $Mg(OH)_2$   
 Гидроталькит  $Mg_6Al_2(OH)_{16}CO_3 \cdot 4H_2O$   
 Пироаурит  $Mg_6Fe_2(OH)_{16}[CO_3] \cdot 4H_2O$   
 \* **Магнезит**  $MgCO_3$   
 \* Доломит  $MgCa[CO_3]_2$   
 Анкерит  $(Mg, Fe)Ca[CO_3]_2$   
 Артинит  $Mg_2(OH)_2[CO_3] \cdot 3H_2O$   
 Гидромагнезит  $Mg_5(OH)_2[CO_3]_4 \cdot 4H_2O$   
 \* Эпсомит  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$   
 Гексагидрит  $MgSO_4 \cdot 6H_2O$   
 \* Кизерит  $MgSO_4 \cdot H_2O$   
 Кировит  $(Fe, Mg)SO_4 \cdot 7H_2O$   
 Вагнерит  $Mg_2[PO_4]F$   
 Бобьерит  $Mg_3[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$   
 Хёрнезит  $Mg_3[AsO_4]_2 \cdot 8H_2O$   
 Ашарит  $MgHBO_3$   
 Котоит  $Mg_3[BO_3]_2$   
 Борацит  $5MgO \cdot MgCl_2 \cdot 7B_2O_3$   
 Флюоборит  $Mg_3(F, OH)_3[BO_3]$   
 Людвигит  $(Mg, Fe)_2FeO_2[BO_3]$   
 Пинноит  $Mg[BO_3]_2 \cdot 3H_2O$   
 Сульфоборит  $Mg_3[B_2O_5][SO_4] \cdot 4H_2O$   
 Форстерит  $Mg_2SiO_4$   
 \* Оливин  $(Mg, Fe)_2SiO_4$   
 Норбергит  $Mg_3(OH, F)_2[SiO_4]$   
 Хондродит  $Mg_5(OH, F)_2[SiO_4]_2$   
 Гумит  $Mg_7(OH, F)_2[SiO_4]$   
 Клиногумит  $Mg_9(OH, F)_2[SiO_4]_4$   
 \* Пироп  $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$   
 Энстатит  $Mg_2[Si_2O_6]$   
 Антофиллит  $(Mg, Fe)_7(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$   
 Купферит  $Mg_7(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$   
 Куммингтонит  $(Mg, Fe)_7(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$   
 Тремолит  $Ca_2Mg_5(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$   
 Актинолит  $Ca_2(Mg, Fe)_5(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$   
 Сепиолит  $Mg_3[Si_4O_{11}]H_2O \cdot nH_2O$   
 \* Пальгорскит—водные силикаты Mg и Al сложного состава  
 \* Тальк  $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$   
 \* Флогопит  $KMg_3(F, OH)_2[AlSi_3O_{10}]$   
 Биотит  $K(Mg, Fe)_3(F, OH)_2[AlSi_3O_{10}]$   
 Пеннин  $(Mg, Fe)_5Al(OH)_3[AlSi_3O_{10}]$   
 Клинохлор  $(Mg, Fe)_{4,75}Al_{1,25}(OH)_8[Al_{1,25}Si_{2,75}O_{10}]$   
 \* Вермикулит  $(Mg, Fe)_3(OH)_2[(Si, Al)_4O_{10}] \cdot 4H_2O$   
 \* Серпентин  $Mg_6(OH)_4[Si_4O_{10}]$   
 Керолит  $Mg_4(OH)_4[Si_4O_{10}] \cdot 4H_2O$   
 \* Сапонит  $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}] \cdot nH_2O$

## МАРГАНЕЦ

- Алабандин  $MnS$   
 Гауэрит  $MnS_2$   
 Манганозит  $MnO$   
**Гаусманит**  $Mn_3O_4$   
 Якобсит  $MnFe_2O_4$   
**Браунит**  $Mn_2O_3$   
 Биксбит  $(Mn, Fe)_2O_3$   
**Пирролюзит**  $MnO_2$   
 Пирохроит  $Mn(OH)_2$   
**Манганит**  $Mn^{II}Mn^{III}O_2(OH)_2$   
**Вернадит**  $MnO_2 \cdot nH_2O$   
**Псиломелан**  $mMnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$   
 Романешит  $BaMn^{II}Mn^{III}_3O_{16}(OH)_4$   
 Рансьеит  $m(Mn, Ca)O \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$

Криptomелан  $K_2O \cdot MnO \cdot 15MnO_2 \cdot nH_2O$   
 Коронадит  $PbMn \cdot Mn_6 \cdot O_{14}$   
 Голландит  $BaMn \cdot Mn_6 \cdot O_{14}$   
 Креднерит  $Cu \cdot Mn_2 \cdot O_4$   
 Родохрозит  $MnCO_3$   
 Манганокальцит  $(Mn, Ca)CO_3$   
 Маллардит  $MnSO_4 \cdot 7H_2O$   
 Смикит  $MnSO_4 \cdot H_2O$   
 Гюбнерит  $MnWO_4$   
 Пурпурит  $(Mn, Fe) [PO_4]$   
 Лауент  $MnFe_2(OH)_2 [PO_4] \cdot 8H_2O$   
 Натрофилит  $NaMn [PO_4]$   
 Литиофилит  $Li(Mn, Fe) [PO_4]$   
 Манганопатит  $(Ca, Mn)_5 (F, OH) [PO_4]_3$   
 Арсеноклазит  $Mn_5 (OH)_4 [AsO_4]_2$   
 Аллакит  $Mn_7 (OH)_8 [AsO_4]_2$   
 Стюартит  $Mn_3 [PO_4]_2 \cdot 4H_2O$   
 Реддингит  $(Mn, Fe)_3 [PO_4]_2 \cdot 3H_2O$   
 Суссексит  $MnHBO_3$   
 Тейфройт  $Mn_2SiO_4$   
 Спессартин  $Mn_3Al_2 [SiO_4]_3$   
 \* Родонит  $CaMn_4 [Si_5O_{15}]$   
 Бустамит  $(Mn, Ca)_3 [Si_3O_9]$   
 Пироксмангит  $(Mn, Fe)_3 Si_3O_9$   
 Пьемонтит  $Ca_2 (Al, Mn, Fe)_3 (OH) [Si_3O_{12}]$   
 Куплетскит  $(K, Na)_2 (Mn, Fe)_4 TiSi_4O_{14}$

## МЕДЬ

Медь самородная  $Cu$   
 Домейкит  $Cu_3As$   
 Халькозин  $Cu_2S$   
 Халькопирит  $CuFeS_2$   
 Борнит  $Cu_5FeS_4$   
 Ковеллин  $CuS$   
 Кубанит  $CuFe_2S_3$   
 Валлериит  $Cu_3Fe_4S_7$   
 Карролит  $CuCo_2S_4$   
 Теннантит  $Cu_3AsS_3$   
 Тетраэдрит  $Cu_3SbS_3$   
 Энаргит  $Cu_3AsS_4$   
 Фаматинит  $Cu_3SbS_4$   
 Сульванит  $Cu_3VS_4$   
 Халькостибит  $CuSbS_2$   
 Эмплектит  $CuBiS_2$   
 Клапротит  $Cu_6Bi_4S_9$   
 Виттихенит  $Cu_3BiS_3$   
 Зелигманит  $CuPbAsS_3$   
 Бурнонит  $CuPbSbS_3$   
 Айкинит  $CuPbBiS_3$   
 Атакамит  $CuCl_2 \cdot 3Cu(OH)_2$   
 Куприт  $Cu_2O$   
 Тенорит  $CuO$   
 Делафоссит  $Cu \cdot Fe \cdot O_2$   
 \* Малахит  $Cu_2(OH)_2 [CO_3]$   
 \* Азурит  $Cu_3(OH)_2 [CO_3]_2$   
 Розазит  $(Cu, Zn)_2 (OH)_2 [CO_3]$   
 Пизанит  $(Fe, Cu)SO_4 \cdot 7H_2O$   
 Бутит  $CuSO_4 \cdot 7H_2O$   
 Халькантит  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$   
 Долерофанит  $Cu_2O [SO_4]$   
 Брошантит  $Cu_4(OH)_6 [SO_4]$   
 Лангит  $Cu_4(OH)_6 [SO_4] \cdot H_2O$   
 Вернадскит  $Cu_4(OH)_7 [SO_4]_3 \cdot 4H_2O$   
 Цианотрихит  $Cu_4Al_2(OH)_{12} [SO_4] \cdot 2H_2O$   
 Линдгрениит  $Cu_3(OH)_2 [MoO_4]_2$

Либетенит  $\text{Cu}_2(\text{OH})[\text{PO}_4]$   
 Оливенит  $\text{Cu}_2(\text{OH})[\text{AsO}_4]$   
 Фольбортит  $\text{CuCa}(\text{OH})[\text{VO}_4]$   
 Купродеклуазит  $(\text{Cu}, \text{Zn})\text{Pb}(\text{OH})[\text{VO}_4]$   
 Дигидрит  $\text{Cu}_5(\text{OH})_4[\text{PO}_4]_2$   
 Эринит  $\text{Cu}_5(\text{OH})_4[\text{AsO}_4]_2$   
 Туранит  $\text{Cu}_5(\text{OH})_4[\text{VO}_4]_2$   
 Псевдомалахит  $\text{Cu}_3(\text{OH})_3[\text{PO}_4]$   
 Клиноклазит  $\text{Cu}_3(\text{OH})_3[\text{AsO}_4]$   
 Узбекит  $\text{Cu}_3[\text{VO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$   
 \* Бирюза  $\text{CuAl}_6(\text{OH})_8[\text{PO}_4]_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   
 Халькосидерит  $\text{CuFe}_6(\text{OH})_8[\text{PO}_4]_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
 Тагилит  $\text{Cu}_2(\text{OH})[\text{PO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$   
 Элит  $\text{Cu}_5(\text{OH})_4[\text{PO}_4]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$   
 Тиролит  $\text{Cu}_9\text{Ca}_2(\text{OH})_{10}[\text{AsO}_4]_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$   
 Халькофиллит  $\text{Cu}_4(\text{OH})_5[\text{AsO}_4] \cdot 9\text{H}_2\text{O}$   
 Бандилит  $\text{CuCl}[\text{BO}_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
 Аширит (диоптаз)  $\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   
 \* Хризоколла  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$

## МОЛИБДЕН

Молибденит  $\text{MoS}_2$   
 Молибдит  $\text{MoO}_3$  (?)  
 Ильземанит  $\text{MoO}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   
 Повеллит  $\text{Ca}(\text{Mo}, \text{W})\text{O}_4$   
 Чиллагит  $\text{Pb}(\text{Mo}, \text{W})\text{O}_4$   
 Вульфенит  $\text{PbMoO}_4$   
 Ферримолибдит  $\text{Fe}_2[\text{MoO}_4]_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   
 Кёхлинит  $\text{V}_2\text{O}_5[\text{MoO}_4]$   
 Линдгрениит  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2[\text{MoO}_4]_2$

## МЫШЬЯК

(в список не включены арсенаты)

Мышьяк самородный As  
 Аллемонит  $\text{AsSb}$   
 Альгодонит  $\text{Cu}_3\text{As}$   
 Домейкит  $\text{Cu}_3\text{As}$   
 Динерит  $\text{Ni}_3\text{As}$   
 Маухерит  $\text{Ni}_{11}\text{As}_8$  (?)  
 Никелин  $\text{NiAs}$   
 Моддерит  $\text{Co}(\text{S}, \text{As})$  (?)  
 Реальгар  $\text{AsS}$   
 Аурипигмент  $\text{As}_2\text{S}_3$   
 Сперрилит  $\text{PtAs}_2$   
 Кобальтин  $\text{CoAsS}$   
 Герсдорфит  $\text{NiAsS}$   
 Лёллингит  $\text{FeAs}_2$   
 Сафлорит  $(\text{Co}, \text{Fe})\text{As}_2$   
 Раммельсбергит  $\text{NiAs}_2$   
 Парараммельсбергит  $\text{NiAs}_2$   
 Арсениpirit  $\text{FeAsS}$   
 Глаукодот  $(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$   
 Вольфахит  $\text{Ni}(\text{As}, \text{Sb})\text{S}$  (?)  
 Лаутит  $\text{CuAsS}$   
 Скуттерудит  $\text{CoAs}_3$   
 Смальтин  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_{3-2}$   
 Никель-скуттерудит  $(\text{Ni}, \text{Co})\text{As}_3$   
 Хлоантит  $(\text{Ni}, \text{Co})\text{As}_{3-2}$   
 Пирсеит  $(\text{Ag}, \text{Cu})_{16}\text{As}_2\text{S}_{11}$   
 Эпигенит  $(\text{Cu}, \text{Fe})_5\text{AsS}_6$  (?)  
 Прустит  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$   
 Ксантоконит  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$

Теннантит  $(\text{Cu}, \text{Fe})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$  или  $\text{Cu}_3\text{AsS}_3$   
 Колусит  $\text{Cu}_3(\text{As}, \text{Sn}, \text{V}, \text{Fe}, \text{Te})\text{S}_4$   
 Энардит  $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$   
 Геокронит  $\text{Pb}_5(\text{Sb}, \text{As})_2\text{S}_8$   
 Грэйтонит  $\text{Pb}_9\text{As}_4\text{S}_{15}$   
 Ленгенбахит  $\text{Pb}_6(\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{As}_4\text{S}_{13}$   
 Иорданит  $\text{Pb}_{14}\text{As}_7\text{S}_{24}$   
 Гитерманит  $\text{Pb}_{10}\text{As}_6\text{S}_{19}$   
 Зелигманнит  $\text{PbCuAsS}_3$   
 Смитит  $\text{AgAsS}_2$   
 Трехманнит  $\text{AgAsS}_2$   
 Лорандит  $\text{TlAsS}_2$   
 Дюффренуазит  $\text{Pb}_2\text{As}_2\text{S}_5$   
 Ратит  $\text{P}_{13}\text{As}_{18}\text{S}_{40}$   
 Баумгауэрит  $\text{Pb}_4\text{As}_6\text{S}_{13}$   
 Ливейнгит  $\text{Pb}_5\text{As}_8\text{S}_{17}$   
 Гутчинсонит  $(\text{Cu}, \text{Ag}, \text{Tl})\text{S} \cdot \text{PbS} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$  (?)  
 Сарторит  $\text{PbAs}_2\text{S}_4$   
 Врбаит  $\text{Tl}(\text{As}, \text{Sb})_3\text{S}_5$   
 Германит  $\text{Cu}_3\text{GeS}_4$   
 Арсенолит }  $\text{As}_2\text{O}_3$   
 Клаудетит }  
 Симплезит  $\text{Fe}_3[\text{AsO}_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Скородит  $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
 Фармакосидерит  $\text{Fe}_5(\text{OH})_6[\text{AsO}_4] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   
 Феррисимплезит  $\text{Fe}_3(\text{OH})_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

## НАТРИЙ

### Галит $\text{NaCl}$

Виллиомит  $\text{NaF}$   
 Криолит  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$   
 Лопарит  $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Ce})(\text{Nb}, \text{Ti})\text{O}_3$   
 Гр. пирохлора  
**Натриевая селитра**  $\text{NaNO}_3$   
 Сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$   
 Грона  $\text{NaH}[\text{CO}_3]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
**Тенардит**  $\text{Na}_2\text{SO}_4$   
**Мирабилит**  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$   
 Глауберит  $\text{Na}_2\text{Ca}[\text{SO}_4]_2$   
 Натрофилит  $\text{NaMnPO}_4$   
 Бериллонит  $\text{NaBe}[\text{PO}_4]$   
 Бура  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$   
 Боронатрокальцит  $\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_9] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Эльпидит  $\text{Na}_2\text{Zr}(\text{OH})_6\text{Si}_6\text{O}_{12}$   
 Эвдиалит  $\text{Na}_4\text{Ca}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9]_2$   
 Катаплеит  $\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
 Жадеит  $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$   
 Эгирин  $\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$   
 Арфведсонит  $\text{Na}_3(\text{Fe}, \text{Mg})_4(\text{Fe}, \text{Al})(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$   
 Глаукофан  $\text{Na}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Al}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]$   
 Рибекит  $\text{Na}_2\text{Fe}_3\text{Fe}_2(\text{O}, \text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$   
 \* Альбит и кислые плагиоклазы  
 Гр. скаполита  
 Анальцит  $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$   
 \* Нефелин  $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$   
 Содалит  $\text{Na}_8\text{Cl}_2[\text{AlSiO}_4]_6$   
 Нозеан  $\text{Na}_8[\text{SO}_4][\text{AlSiO}_4]_6$   
 Гаюин  $\text{Na}_6\text{Ca}[\text{SO}_4][\text{AlSiO}_4]_6$   
 \* Лазурит  $\text{Na}_8[\text{SO}_4][\text{AlSiO}_4]_6$   
 Канкринит  $\text{Na}_6\text{Ca}[\text{CO}_3, \text{SO}_4][\text{AlSiO}_4]_6$   
 Натролит  $\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
 Десмин  $(\text{Na}_2, \text{Ca})[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

## НИКЕЛЬ

Шрейберзит  $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{P}$  — в метеоритах  
 Аварунит  $\text{FeNi}_2$   
 Джозефинит  $\text{FeNi}_3$   
 Динерит  $\text{Ni}_3\text{As}$   
 Маухерит  $\text{Ni}_{11}\text{As}_3$   
**Никелин**  $\text{NiAs}$   
 Брейтгауптит  $\text{NiSb}$   
 Миллерит  $\text{NiS}$   
**Хизлевулит**  $\text{Ni}_3\text{S}$   
 Гаухекорнит  $(\text{Ni}, \text{Ca})_7(\text{S}, \text{Sb}, \text{Bi})_8$  (?)  
**Пентландит**  $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$   
 Брэггит  $(\text{Pt}, \text{Pd}, \text{Ni})\text{S}$   
 Зигенит  $(\text{Co}, \text{Ni})_3\text{S}_4$   
**Виоларит**  $\text{Ni}_2\text{FeS}_4$   
**Полидимит**  $\text{Ni}_3\text{S}_4$   
**Ваэсит**  $\text{NiS}_2$   
**Бравоит**  $(\text{Ni}, \text{Fe})\text{S}_2$   
 Кобальт-никель-пирит  $(\text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe})\text{S}_2$   
 Пенрозеит  $(\text{Ni}, \text{Cu}, \text{Pb})\text{Se}_2$   
 Герсдорфит  $\text{NiAsS}$   
 Ульманнит  $\text{Ni}(\text{As}, \text{Sb})\text{S}$   
**Раммельсбергит**  $\text{NiAs}_2$   
 Парараммельсбергит  $\text{NiAs}_2$   
 Вольфахит  $\text{Ni}(\text{As}, \text{Sb})\text{S}$   
 Мелонит  $\text{NiTe}_2$   
 Паркерит  $\text{Ni}_3\text{Bi}_2\text{S}_2$   
 Скуттерудит  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_3$   
 Смальтин  $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_{3-2}$   
 Никель-скуттерудит  $(\text{Ni}, \text{Co})\text{As}_3$   
**Хлоантит**  $(\text{Ni}, \text{Co})\text{As}_{3-2}$   
 Бунзенит  $\text{NiO}$   
 Треворит  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$   
**Ревдинскит**  $(\text{Ni}, \text{Mg})_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$   
 Гентит — коллоидальный гидросиликат Ni, близкий к ревенскиту  
 Шухардит  $(\text{Ni}, \text{Fe}, \text{Al})(\text{OH})_8[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}]$   
**Гарниерит**  $\text{Ni}_4(\text{OH})_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
 Коннарит  $(\text{Ni}_3\text{Fe}^{++})_6(\text{OH})_8[\text{Si}, \text{Fe}^{++}]_{10}\text{O}_{10}]$   
 Заратит  $\text{Ni}_3(\text{OH})_4[\text{CO}_3] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
 Аннабергит  $\text{Ni}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Кабрерит  $(\text{Ni}, \text{Mg})_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Форбезит  $(\text{Ni}, \text{Co})\text{HAsO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
 Рётгерсит  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   
 Моренозит  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

## НИОБИЙ И ТАНТАЛ

Тантал самородный (?)  
 Ильменорутил  $(\text{Ti}, \text{Nb}, \text{Fe})\text{O}_2$   
 Стрюверит  $(\text{Ti}, \text{Ta}, \text{Fe}^{++})\text{O}_2$   
 Айналит — касситерит, содержащий тантал  
**Лопарит** — близок к дизаналиту  $(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})(\text{Nb}, \text{Ti})\text{O}_3$   
**Пирохлор**  $(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})_2(\text{F}, \text{OH}, \text{O})(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6$   
 Коппит — близок к пирохлору  
 Гатчетолит — пирохлор, содержащий уран  
 Мариньякит — одна из разновидностей пирохлора, содержит  $\text{SiO}_2$   
 Элсворит — близок к гатчетолиту  
 Хальколамприт — близок к пирохлору, но содержит около 10%  $\text{SiO}_2$   
 Микролит  $(\text{Na}, \text{Ca})_2(\text{F}, \text{OH})(\text{Ta}, \text{Ti})_2\text{O}_6$   
 Неотанталит — ниоботанталат Fe и Mn; вторичный продукт по микролиту  
 Фергюсонит  $(\text{Y}, \text{Er}, \text{Ce}, \text{Fe})(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})\text{O}_4$   
 Ризорит — титанистая разновидность фергюсонита  
 Форманит  $(\text{Y}, \text{Er}, \text{Ca})(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_4$   
 Иттротанталит  $(\text{Fe}, \text{Y}, \text{U}, \text{Ca} \dots)[(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_7]_3$   
 Полимигнит  $(\text{Ca}, \text{Y} \dots)(\text{Ti}, \text{Zr}, \text{Nb} \dots)_2\text{O}_6$  (?)

Ишикаваит  $(U, Fe, Y \dots)(Nb, Ta)_2O_7$  (?)  
 Лоранскит  $(Y, Ce, Ca \dots)(Ta, Zr \dots)_2O_7$  (?)  
 Стибиотанталит  $SbTaO_4$   
 Стибиоколумбит  $SbNbO_4$   
 Бисмутотанталит  $Bi(Ta, Nb)O_4$   
 Симпсонит  $AlTaO_4$  (?)  
 Кальциосамарскит — кальцийсодержащий самарскит  
 Тапиолит  $Fe(Ta, Nb)_2O_6$   
 Хьельмит — близок к тапиолиту, содержит  $H_2O$   
 Скогбелит — разновидность тапиолита (без Nb)  
 Иксиолит  $Mn(Nb, Ta)_2O_6$   
 Моссит  $Fe(Nb, Ta)_2O_6$   
**Колумбит**  $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$   
 Тоддит — урансодержащий колумбит  
 Оннеродит — смесь колумбита с самарскитом  
**Танталит**  $(Fe, Mn)(Ta, Nb)_2O_6$   
 Эвксенит  $(Y, Ca, Ce, U, Th)(Nb, Ta, Ti)_2O_6$   
 Линдокит — Th-Ca разновидность эвксенита  
 Тантэвксенит — эвксенит, содержащий Ta вместо Nb  
 Хлопнит — близок к эвксениту:  $(Y, U^{VI}Th)(Nb, Ta, Ti, Fe)_2O_6$  (?)  
 Эшвегит — итровая разность пирохлора  
 Поликраз  $(Y, Ca, Ce, U, Th)(Ti, Nb, Ta)_2O_6$   
 Эшинит  $(Ce, Ca, Fe, Th)(Ti, Nb)_2O_6$   
 Приорит  $(Y, Er, Ca, Fe, Th)(Ti, Nb)_2O_6$   
 Бломстрандин = приорит, содержащий уран  
 Бетафит  $(U, Ca)(Nb, Ta, Ti)_3O_9 \cdot nH_2O$   
 Бломстрандит = бетафит  
 Самарскит  $(Y, Er \dots)_4[(Nb, Ta)_2O_7]_3$   
 Роджерсит — продукт выветривания самарскита  
 Плюмбониобит — свинцовая разновидность самарскита  
 Виттинггофит — железистый самарскит  
 Виикит — близок к самарскиту  
 Торолит  $SnTa_2O_7$   
 Самиресит — разновидность бетафита из Самирези в Австралии  
 Менделеевит — бетафит, богатый титаном и ураном  
 Джалмаит  $(U, Ca, Pb, Bi, Fe)(Ta, Nb, Ti, Zr)_3O_9 \cdot nH_2O$   
 Ампангабеит  $(Y, Er, Fe, U, Ca, Th)_2(Nb, Ta, Ti)_7O_{18}$  (?)  
 Писекит — ниобат и титанат U, Fe, редких земель и др. (?)  
 Мурманит  $NaTi_2(OH)[SiO_4]_2 \cdot H_2O$   
 Эпистолит  $(Na, Ca)(Nb, Ti, Mg, Fe, Mn)(OH)[SiO_4]$   
 Ферсманит  $(Ca, Na)_2(Ti, Nb)(OH, F)_3[SiO_4]$   
 Индейолит  $(Ca, Na)_2Nb_2O_5(OH)_2$

## ОЛОВО

Олово самородное Sn  
 Станнин  $Cu_2FeSnS_4$   
 Колусит  $Cu_3(As, Sn, V, Fe, Te)S_4$   
 Герценбергит  $SnS$   
 Кольбекит = герценбергит  
 Канфильдит  $Ag_8SnS_6$   
 Тиллит  $PbSnS_2$   
 Пуфалит }  
 Цинк-тиллит } Смесь тиллита со сфалеритом  
 Франкеит  $Pb_5Sn_3Sb_2S_{14}$   
 Килиндрит  $Pb_3Sn_4Sb_2S_{14}$   
**Касситерит**  $SnO_2$   
 Силезит — смесь деревянистого олова ( $SnO_2$ ) с кремнеземом  
 Торолит  $SnO_2 \cdot Ta_2O_5$   
 Арандизит  $Sn_5(OH)_8[SiO_4]_3$   
 Стокезит  $CaSn[Si_3O_9] \cdot 2H_2O$   
 Норденшильдит  $CaSn[BO_3]_2$   
 Гулсит  $12(Fe, Mg)O \cdot 2Fe_2O_3 \cdot SnO_2 \cdot 3B_2O_3 \cdot 2H_2O$

## ПЛАТИНОИДЫ

Платина самородная Pt  
Поликсен (Pt, Fe)  
Ферроплатина PtFe  
Купроплатина (Pt, Fe, Cu)  
Никелистая платина (Pt, Fe, Ni, Cu)  
Палладистая платина (Pt, Pd)  
Палладий Pd  
Аллопалладий Pd  
Потарит (Pd, Hg)  
Порпечит (Au, Pd)  
Стибиопалладинит  $Pd_3Sb$   
Станнопалладинит  $Pd_3Sn_2$   
Платинистый иридий (Ir, Pt)  
Осмирид (Ir, Os)  
Невьянскит (Ir, Os)  
Сысертскит (Os, Ir)  
Куперит PtS  
Брэггит (Pt, Pd, Ni)S  
Сперрилит  $PtAs_2$   
Лаурит  $RuS_2$   
Палладит PdO

## РТУТЬ

Ртуть самородная Hg  
Амальгама серебра (Ag, Hg)  
Амальгама золота (Au, Hg)  
Потарит (Pd, Hg)  
Метациннабарит HgS  
Тиманит HgSe  
Колорадоит HgTe  
Киноварь HgS  
Ливингстонит  $HgSb_4S_7$   
Монтроидит HgO  
Каломель HgCl  
Клейнит  $HgCl_2 \cdot 3HgO$  (?)  
Эглестонит  $3HgCl \cdot HgO$  (?)  
Терлингвайт  $HgCl \cdot HgO$   
Мозезит  $HgCl_2 \cdot 3HgO$

## СВИНЕЦ

Галенит PbS  
Алтаит PbTe  
Клаусталит PbSe  
Сарторит  $PbAs_2S_4$   
Баумгауерит  $Pb_4As_6S_{13}$   
Дюфренуазит  $Pb_2As_2S_5$   
Иорданит  $Pb_{14}As_7S_{24}$   
Грейтонит  $Pb_9As_4S_{15}$   
Цинкениит  $PbSb_2S_4$   
Плагионит  $Pb_5Sb_8S_{17}$   
Семсеит  $Pb_9Sb_8S_{21}$   
Буланжерит  $Pb_5Sb_4S_{11}$   
Джемсонит  $Pb_4FeSb_6S_{14}$   
Менегинит  $Pb_{13}Sb_7S_{23}$   
Галеновисмутит  $PbBi_2S_4$   
Платинит  $PbBi(Se, S)_3$   
Виттит  $Pb_5Bi_6S_{14}$  (?)  
Козалит  $Pb_2Bi_2S_5$   
Лиллианит  $Pb_5Bi_2S_6$   
Гунгаррит  $Pb_4Bi_2S_7$   
Беегерит  $Pb_6Bi_2S_9$   
Котунит  $PbCl_2$

Мендипит  $PbCl_2 \cdot PbO$   
 Пенфильдит  $3PbCl_2 \cdot Pb(OH)_2$   
 Массикот  $PbO$   
 Сурик  $Pb_3O_4$   
 Плюмбоферрит  $PbFe_4O_7$   
 Квенселит  $Pb_2Mn_2O_5 \cdot H_2O$   
**Церуссит**  $PbCO_3$   
 Гидроцеруссит  $Pb_2(OH)_2[CO_3]_2$   
 Фосгенит  $Pb_2[CO_3]Cl_2$   
 Леугиллит  $Pb_4(OH)_2[CO_3]_2[SO_4]$   
**Англезит**  $PbSO_4$   
 Керстенит  $PbSeO_4$   
 Крокоит  $PbCrO_4$   
 Вульфенит  $PbMoO_4$   
 Чиллагит  $Pb(Mo, W)O_4$   
 Штольцит  $PbWO_4$   
 Пироморфит  $Pb_5Cl[PO_4]_3$   
 Миметезит  $Pb_5Cl[AsO_4]_3$   
 Ванадинит  $Pb_5Cl[VO_4]_3$   
 Деклуазит  $Pb(Zn, Cu)(OH)[VO_4]$   
 Коркит  $PbFe_3(OH)_6[PO_4][SO_4]$   
 Бедантит  $PbFe_3(OH)_6[AsO_4][SO_4]$   
 Ларсенит  $PbZn[SiO_4]$   
 Барисилит  $Pb_3[Si_2O_7]$   
 Аламосит  $PbSiO_3$   
 Кентролит  $Pb_3Mn_4Si_3O_{15}$   
 Меланотекит  $Pb_3Fe_4Si_3O_{15}$

## СЕЛЕН

Селен самородный  $Se$   
 Селенистый теллур  $TeSe$   
 Агвиларит  $Ag_2(S, Se)$   
 Науманит  $Ag_2Se$   
 Берцелианит  $Cu_2Se$   
 Эвкайрит  $AgCuSe$   
 Умангит  $Cu_3Se_2$   
 Крукезит  $(Cu, Tl, Ag)_3Se$   
 Клокманит  $CuSe$   
 Тиманит  $HgSe$   
 Виттит  $Pb_5Bi_6(S, Se)_{14} (?)$   
 Халькоменит  $CuSeO_3 \cdot 2H_2O$   
 Молибдоменит — свинцовый селенит  
 Кобальтоменит — кобальтовый селенит

## СЕРЕБРО

**Серебро самородное**  $Ag$   
 Амальгама серебра  $(Ag, Hg)$   
 Штютцит  $Ag_4Te$   
 Кокинерит  $Cu_4AgS (?)$   
 Дискразит  $Ag_3Sb$   
**Аргентит**  $Ag_2S$   
 Агвиларит  $Ag_2(S, Se)$   
 Науманит  $Ag_2Se$   
 Крукезит  $(Cu, Tl, Ag)_2Se$   
 Эвкайрит  $AgCuSe$   
 Гессит  $Ag_2Te$   
 Петцит  $(Ag, Au)_2Te$   
 Штроейерит  $AgCuS$   
 Акантит  $Ag_2S$   
 Штернбергит  $AgFe_2S_3$   
 Эмпрессит  $AgTe$   
 Мутманнит  $(Ag, Au)Te$   
 Сильванит  $(Ag, Au)Te_4$   
 Полибазит  $(Ag, Cu)_{16}Sb_2S_{11}$

Пирсеит  $(Ag, Cu)_{16}As_2S_{11}$   
 Полиаргирит  $Ag_{24}Sb_2S_{15}$   
 Аргиродит  $Ag_8GeS_6$   
 Канфильдит  $Ag_8SnS_6$   
 Стефанит  $Ag_5SbS_4$   
**Пираргирит**  $Ag_3SbS_3$   
**Прустит**  $Ag_3AsS_3$   
 Пиростильпнит  $Ag_3SbS_3$   
 Стилотицит  $(Ag, Cu, Fe)_3SbS_3$   
 Ксантоконит  $Ag_3AsS_3$   
 Самсонит  $Ag_4MnSb_2S_6$   
 Стефанит  $Ag_5SbS_4$   
 Ленгенбахит  $(Ag, Cu)_2Pb_6As_4S_{13}$   
 Диафорит  $Ag_3Pb_2Sb_3S_8$   
 Фрейеслебениг  $Ag_5Pb_3Sb_5S_{12}$   
 Овихит  $Ag_2Pb_5Sb_6S_{15}$   
 Ширмерит  $Ag_4PbBi_4S_9$   
 Миаргирит  $AgSbS_2$   
 Арамайонит  $Ag(Sb, Bi)S_2$   
 Матильдит  $AgBiS_2$   
 Смитит  $AgAsS_2$   
 Тречманит  $AgAsS_2$   
 Бенжаминит  $(Cu, Ag)PbBi_2S_4$  (?)  
 Физелит  $Ag_2Pb_5Sb_8S_{18}$  (?)  
 Рамдорит = андорит  
 Андорит  $AgPbSb_3S_6$   
 Гутчинсонит  $(Cu, Ag, Tl)_2S \cdot PbS \cdot 2As_2S_3$   
 Аляскаит  $(Ag, Cu)_2PbBi_4S_8$  (?)  
 Аргентоярозит  $AgFe_3(OH)_6(SO_4)_2$   
 Кераргирит  $AgCl$   
 Эмболит  $Ag(Br, Cl)$   
 Бромирит  $AgBr$   
 Иодобромит  $Ag(Cl, Br, J)$   
 Майерсит  $4AgJ \cdot CuJ$   
 Иодирит  $AgJ$

## СТРОНЦИИ

**Стронцианит**  $SrCO_3$   
 Амбатоарианит  $Sr(Ce, La...)_2O[CO_3]_3$   
 Анкилит  $Sr_3(Ce, La...)_4(OH)_4[CO_3]_7 \cdot 3H_2O$   
**Целестин**  $Sr[SO_4]$   
 Стронциоапатит  $(Ca, Sr)_5(F, OH)[PO_4]_3$   
 Гойяцит  $SrAl_3(OH)_6[PO_4][HPO_4]$   
 Сванбергит  $SrAl_3(OH)_6[PO_4][SO_4]$   
 Лампрофиллит  $Na_2SrFeTi_2F[SiO_4]_3$  (?)  
 Брюстерит  $(Sr, Ba, Ca)[AlSi_3O_8]_2 \cdot 5H_2O$

## СУРЬМА

Сурьма самородная  $Sb$   
 Аллемонит  $AsSb$   
 Горсфордит  $Cu_5Sb$  или  $Cu_6Sb$   
 Дискразит  $Ag_3Sb$   
 Стибиопалладинит  $Pd_3Sb$   
 Брейтгауптит  $NiSb$   
**Антимонит**  $Sb_2S_3$   
 Ульманит  $NiSbS$   
 Гудмундит  $FeSbS$   
 Вольфахит  $Ni(As, Sb)S$   
 Полибазит  $(Ag, Cu)_{16}Sb_2S_{11}$   
 Полиаргирит  $Ag_{24}Sb_2S_{15}$   
 Стефанит  $Ag_5SbS_4$   
 Пираргирит  $Ag_3SbS_3$

Пиростильпнит  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$   
 Стилотицит  $(\text{Ag}, \text{Cu}, \text{Fe})_3\text{SbS}_3$   
 Тетраэдрит  $(\text{Cu}, \text{Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$  или  $\text{Cu}_3\text{SbS}_3$   
 Гольдфильдит — теллурсодержащий тетраэдрит  
 Фаматинит  $\text{Cu}_3\text{SbS}_4$   
 Самсонит  $\text{Ag}_4\text{MnSb}_2\text{S}_6$   
 Геокронит  $\text{Pb}_5(\text{Sb}, \text{As})_2\text{S}_8$   
 Менегинит  $\text{Pb}_{13}\text{Sb}_7\text{S}_{23}$   
 Бурнонит  $\text{PbCuSbS}_3$   
 Диафорит  $\text{Pb}_2\text{Ag}_3\text{Sb}_3\text{S}_8$   
 Фрейеслебениит  $\text{Pb}_3\text{Ag}_5\text{Sb}_5\text{S}_{13}$   
 Буланжерит  $\text{Pb}_5\text{Sb}_4\text{S}_{11}$   
 Овихит  $\text{Pb}_5\text{Ag}_2\text{Sb}_6\text{S}_{15}$   
 Миаргирит  $\text{AgSbS}_2$   
 Арамайонит  $\text{Ag}(\text{Sb}, \text{Bi})\text{S}_2$   
 Халькостибит  $\text{CuSbS}_2$   
 Кобеллит  $\text{Pb}_2(\text{Bi}, \text{Sb})_2\text{S}_5$   
 Франкеит  $\text{Pb}_5\text{Sn}_3\text{Sb}_2\text{S}_{14}$   
 Физелит  $\text{Pb}_5\text{Ag}_2\text{Sb}_6\text{S}_{13}$   
 Рамдорит = андорит  
 Виттит  $\text{Pb}_5\text{Bi}_6(\text{S}, \text{Se})_{14}$  (?)  
 Джемсонит  $\text{Pb}_4\text{FeSb}_6\text{S}_{14}$   
 Андорит  $\text{PbAgSb}_3\text{S}_6$   
 Фюлеппит  $\text{Pb}_3\text{Sb}_4\text{S}_{15}$   
 Плагинит  $\text{Pb}_5\text{Sb}_8\text{S}_{17}$   
 Гетероморфит  $\text{Pb}_7\text{Sb}_8\text{S}_{19}$   
 Семсеит  $\text{Pb}_9\text{Sb}_8\text{S}_{21}$   
 Цинкениит  $\text{PbSb}_2\text{S}_4$   
 Бертьерит  $\text{FeSb}_2\text{S}_4$   
 Килиндрит  $\text{Pb}_3\text{Sn}_4\text{Sb}_2\text{S}_{14}$   
 Врбаит  $\text{Tl}(\text{As}, \text{Sb})_4\text{S}_5$   
 Ливингстонит  $\text{HgSb}_4\text{S}_7$   
 Кермезит  $\text{Sb}_2\text{S}_2\text{O}$   
 Сенармонтит  $\text{Sb}_2\text{O}_3$   
 Валентинит  $\text{Sb}_2\text{O}_3$   
 Сервантит  $\text{Sb}_2\text{O}_4$ ?  
 Стибиконит  $\text{Sb}_3\text{O}_6(\text{OH})$   
 Стибиотанталит  $\text{SbTaO}_4$   
 Стибисколумбит  $\text{SbNbO}_4$   
 Шетелегит  $(\text{Ca}, \text{Y}, \text{Sb}, \text{Mn})_2(\text{Ti}, \text{Nb}, \text{Ta})_2(\text{O}, \text{OH})_7$   
 Иетманит  $(\text{Mn}, \text{Zn})_{16}\text{Sb}_2\text{O}_{13}[\text{SiO}_4]_4$   
 Монимолит  $(\text{Pb}, \text{Ca}, \text{Na})_2\text{Sb}_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$   
 Манганостибнит  $\text{Mn}_{10}\text{Sb}_2\text{O}_{15}$  (?)  
 Биндгеймит  $(\text{Pb}, \text{Ca})_2\text{Sb}_2\text{O}_6\text{O} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Ромеит  $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Mn})_2\text{Sb}_2\text{O}_6(\text{F}, \text{OH}, \text{O})$   
 Гидроромеит  $\text{Ca}_2\text{Sb}_2\text{O}_6\text{O} \cdot 3-4\text{H}_2\text{O}$  (?)  
 Веслинит = ромеит  
 Шнеебергит  $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Fe})_2\text{Sb}_2\text{O}_6(\text{F}, \text{OH}, \text{O})$   
 Сведенборгит  $\text{NaBe}_4\text{SbO}_7$   
 Трипугинит  $\text{Fe}^{2+}\text{Sb}_2\text{O}_7$   
 Надорит  $\text{PbClSbO}_2 = \text{PbSb}_2\text{O}_4 \cdot \text{PbCl}_2$   
 Охролит  $\text{PbSbO}_2\text{Cl}$   
 Флайолотит  $4\text{Fe}^{3+}\text{SbO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$   
 Катоптит  $\text{Mn}_{14}\text{Sb}_2(\text{Al}, \text{Fe})_4\text{O}_{21}[\text{SiO}_4]_2$   
 Дербилит  $6\text{FeO} \cdot 5\text{TiO}_2 \cdot \text{Sb}_2\text{O}_3$  (?)  
 Льюизит  $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Fe})_2(\text{Sb}, \text{Ti})_2\text{O}_6(\text{F}, \text{OH}, \text{O})$   
 Мауцеллит  $(\text{Ca}, \text{Pb})_2(\text{Sb}, \text{Ti}, \text{Fe})_2\text{O}_6\text{O}$   
 Аммиолит — антимонат  $\text{Hg}$  (сомнительный)

## ТАЛЛИЙ

Врбаит  $\text{TlAs}_2\text{SbS}_5$   
 Лорандит  $\text{TlAsS}_2$   
 Гутчинсонит  $(\text{Cu}, \text{Ag}, \text{Tl})_2\text{S} \cdot \text{PbS} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$  (?)  
 Марказит таллиеносный  $\text{FeS}_2$

## ТЕЛЛУР

Теллур самородный Te  
Селенистый теллур (Te, Se)  
Теллуrowисмутит  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$   
Тетрадимит  $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$   
Жозеит  $\text{Bi}_4\text{TeS}_2$   
Верлит  $\text{Bi}_3\text{Te}_2$  (?)  
Гессит  $\text{Ag}_2\text{Te}$   
Петцит  $(\text{Ag}, \text{Au})_2\text{Te}$   
Рикардит  $\text{Cu}_4\text{Te}_3$   
Вейссит  $\text{Cu}_5\text{Te}_3$   
Алтаит  $\text{PbTe}$   
Колорадоит  $\text{HgTe}$   
Эмпрессит  $\text{AgTe}$   
Мутманит  $(\text{Ag}, \text{Au})\text{Te}$   
Креннерит  $\text{AuTe}_2$ , ромб. с.  
Калаверит  $\text{AuTe}_2$ , мон. с.  
Сильванит  $\text{AuAgTe}_4$   
Мелонит  $\text{NiTe}_2$   
Монтанит  $\text{Bi}_2(\text{OH})_4[\text{TeO}_4]$   
Дурденит (эммонсит)  $\text{Fe}_2 \cdot [\text{TeO}_3]_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

## ТИТАН

Ильменит  $\text{FeTiO}_3$   
Гейкилит  $\text{MgTiO}_3$   
Пирофанит  $\text{MnTiO}_3$   
Рутил  $\text{TiO}_2$   
Брукит  $\text{TiO}_2$   
Анализ  $\text{TiO}_2$   
Перовскит  $\text{CaTiO}_3$   
Титансодержащие минералы группы перовскита, пирохлора и фергюсонита —  
эвксенита — самарскита  
Шорломит  $\text{Ca}_3(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Ti})_2[(\text{Si}, \text{Ti})\text{O}_4]_3$   
Сфен  $\text{CaTiO}[\text{SiO}_4]$   
Мурманит  $\text{NaTi}_2(\text{OH})[\text{SiO}_4]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (?)  
Ферсманит  $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Ti}, \text{Nb})(\text{OH}, \text{F})_3[\text{SiO}_4]$  (?)  
Бенитоит  $\text{BaTiSi}_3\text{O}_9$   
Рамзанит  $\text{Na}_2\text{Ti}_2\text{Si}_2\text{O}_9$   
Виноградовит  $\text{Na}_5\text{Ti}_4\text{AlSi}_6\text{O}_{24} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

## ТОРИИ

Торотунгстит  $2\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + (\text{ThO}_2, \text{Ce}_2\text{O}_3, \text{ZrO}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$   
Циркелит  $(\text{Ca}, \text{Fe}, \text{Th}, \text{U})_2(\text{Ti}, \text{Zr})_2\text{O}_3$  (?)  
Хлопинит  $(\text{Y}, \text{U}, \text{Th})_2(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti}, \text{Fe})_2\text{O}_6$  (?)  
Делоренцит  $(\text{Y}, \text{U}, \text{Fe} \dots)\text{Ti}_2\text{O}_6$  (?)  
Иттрокразит  $(\text{Y}, \text{Th}, \text{U}, \text{Ca})_2(\text{Ti}, \text{Fe} \dots, \text{W})_4\text{O}_{11}$  (?) — близок к делоренциту  
Линдокит — разновидность эвксенита-поликреза с большим содержанием Ca  
и Th и малым — U  
Бреггерит — торийсодержащая разновидность уранинита  
Торианит  $(\text{Th}, \text{U})\text{O}_2$   
Кариоцерит, торийсодержащий меланоцерит — фторосиликат Ce и Y  
Тритомит, фторосиликат Th, Ce, Y, Ca с бором  
Торит  $\text{ThSiO}_4$   
Ферроторит, торит с 13%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   
Ураноторит — разновидность торита, содержащая до 16%  $\text{U}_3\text{O}_8$   
Макинтошит } урансодержащие богатые водой разновидности торита  
Торогуммит }  
Гидроторит  $\text{ThSiO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (?)  
Ауэрлит  $\text{ThO}_2 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \frac{1}{2}\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Иттриалит  $(Y, Th)_2[Si_2O_7]$   
Монацит  $(Ce, La...)PO_4$ ; содержит до 10%  $ThO_2$

## УРАН

**Уранинит**  $UO_2$   
Брёггерит — разновидность уранинита, содержащая до 14%  $ThO_2$   
Кливейт } — разновидности уранинита, содержащие редкие земли  
Нивенит }  
Настуран  $pUO_2 \cdot qUO_3 \cdot rPbO$ . Аморфная разновидность уранинита (урановая смоляная руда, урановая смолка)  
Кларкеит  $UO_3 \cdot nH_2O$  (?)  
Беккерелит  $2UO_3 \cdot 3H_2O$  (?)  
Шёпит (скупит)  $4UO_3 \cdot 9H_2O$   
Фурмарьерит  $PbO \cdot 4UO_3 \cdot 5H_2O$   
Кюрит  $2PbO \cdot 5UO_3 \cdot 4H_2O$  (?)  
Иттрокразит  $(Y, Th, U, Ca)_2(Ti, Fe^{3+}, W)_4O_{11}$  (?)  
Ураносферит  $Bi_2O_3 \cdot 2UO_3 \cdot 3H_2O$  (?)  
Ванденбрандеит  $CuO \cdot UO_3 \cdot 2H_2O$   
Янтинит  $2UO_2 \cdot 7H_2O$  (?)  
Пирохлор  $(Na, Ca...) (Nb, Ti...)_2O_6(F, OH)$ ; содержит уран в виде  $UO_2$  и  $UO_3$   
Гатчеттолит — урансодержащий пирохлор  
Тi-гатчеттолит — титано-ниобат урана и тория, близкий к пирохлору  
Эльсворгит — метамиктная разновидность пирохлора, богатая ураном и водой  
Фергюсонит  $(Y, Er, Ce, U^{IV}, Fe) (Nb, Ta, Ti)O_4$   
Форманит  $(Y, Er, Ca) (Ta, Nb)O_4$   
Иттротангалит  $(Fe, Y, U...)_4[(Ta, Nb)_2O_7]_3$   
Ишикавант  $(U, Fe, Y...) (Nb, Ta...)_2O_7$   
Браннерит  $(U, Ca, Fe...)Ti_2O_6$  (?)  
Тоддит — разновидность колумбита, содержащая уран  
Эвксенит  $(Y, Ca, Ce, U, Th) (Nb, Ta, Ti)_2O_6$   
Поликраз  $(Y, Ca, Ce, U, Th) (Ti, Nb, Ta)_2O_6$   
Хлопинит  $(Y, U, Th) (Nb, Ta, Ti, Fe)_2O_6$  (?)  
Иттрокразит  $(Y, Th, U, Ca)_2 (Ti, Fe^{3+}, W)_4O_{11}$  (?)  
Эшвегит  $Y(Ti, Nb, Ta)_2(O, OH)_7$   
Бломстрандин-приорит  $(Y, Er, Ca, Fe^{3+}, Th) (Ti, Nb)_2O_6$ ; содержит уран  
Самарскит  $(Y, Er, U...)_4[(Nb, Ta)_2O_7]_3$   
Плюмбониобит  $(Y, Yb, Gd)_2 (Fe, Pb, Ca, U) (Nb_2O_7)_2$   
Виникт — близок к самарскиту, содержит значительное количество урана  
Бетафит  $(U, Ca) (Nb, Ta, Ti)_3O_9 \cdot nH_2O$   
Самирезит  $(Pb, UO_2) (Nb, Ti, Ta)_3(O, OH)_9$  — из группы пирохлора  
Менделеевит — кальциевый урано-титано-ниобат (титанистый бетафит)  
Джалмаит  $(U, Ca, Pb...) (Ta, Nb, Ti, Zr)_3O_9 \cdot nH_2O$   
Ампангабейт  $(Y, Er, U, Ca, Th)_2 (Nb, Ta, Fe, Ti)_7O_{18}$  (?)  
Делоренцит  $(Y, U, Fe...)Ti_2O_6$  (?)  
Торогуммит }  
Макинтошит } — урансодержащие богатые водой разновидности торита  
Уранотил (уранофан)  $CaU_2(OH)_6 [SiO_4]_2 \cdot 3H_2O$  (?). Ромб. с.  
β-уранотил — моноклинная разновидность уранотила  
Скловдовскит  $MgU_2(OH)_6 [SiO_4]_2 \cdot 4H_2O$   
Купроскловдовскит  $CuU(OH)_6 [SiO_4]_2 \cdot 3H_2O$   
Казолит  $Pb_2U_2O_4 [SiO_4]_2 \cdot 2H_2O$   
Соддит  $U_2O_4 [SiO_4]_2 \cdot 2H_2O$   
Гуммит — аморфные продукты изменения уранинита  
Иттрогуммит — водное соединение  $Y, U, Th$   
Ураноторит  $(Th, U)[SiO_4]$   
Наэгит — разновидность циркона, содержащая  $U, Th, Ta, Nb$   
Рётзерфордит  $UO_2[CO_3]$   
Шарпит  $U_6O_{12}(OH)_2[CO_3]_5 \cdot 7H_2O$   
Ураноталлит  $Ca_2UO_2[CO_3]_3 \cdot 10H_2O$   
Фоглит из Яхимова  $Ca_2CuUO_2[CO_3]_4 \cdot 6H_2O$   
Шрёкингерит  $NaCa_3UO_2(OH)[CO_3]_3[SO_4]$   
Торбернит  $CuU_2O_4[PO_4]_2 \cdot 12H_2O$

Метаторбернит  $\text{Cu}_2\text{O}_4[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Цейнерит  $\text{Cu}_2\text{O}_4[\text{AsO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$   
 Салеит  $\text{MgU}_2\text{O}_4[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Ураношпатит  $\text{CaU}_2\text{O}_4[\text{PO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$   
 Отунит  $\text{CaU}_2\text{O}_4[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Ураноспинит  $\text{CaU}_2\text{O}_4[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  — тетр. и ромб. с.  
 Ураноцирцит  $\text{BaU}_2\text{O}_4[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Бассетит  $\text{FeU}_2\text{O}_4[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Карнотит  $\text{K}_2\text{U}_2\text{O}_4[\text{VO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$   
 Тюямунит  $\text{CaU}_2\text{O}_4[\text{VO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Раувит  $\text{CaO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 6\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$   
 Ренардит  $\text{PbU}_4\text{O}_{10}[\text{PO}_4]_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$   
 Девиндтит  $\text{Pb}_3\text{U}_5\text{O}_{12}[\text{PO}_4]_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$   
 Сенгьерит  $\text{Cu}_2\text{U}_2\text{O}_4(\text{OH})_2[\text{VO}_4]_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$   
 Дюмонит  $\text{Pb}_2\text{U}_3\text{O}_8[\text{PO}_4]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   
 Фритчеит  $\text{MnU}_2\text{O}_4[\text{PO}_4, \text{VO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Парсонсит  $\text{Pb}_2\text{UO}_2[\text{PO}_4]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$   
 Фосфуранилит  $\text{U}_3\text{O}_6[\text{PO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   
 Трёгерит  $\text{U}_3\text{O}_6[\text{AsO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$   
 Уванит  $2\text{UO}_3 \cdot 3\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$   
 Ферганит  $\text{U}_3\text{O}_6[\text{VO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   
 Вальпургин  $\text{V}_{10}\text{U}_3\text{O}_8(\text{OH})_{18}[\text{AsO}_4]_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$   
 Меджидит  $\text{CaUO}_2[\text{SO}_4] \cdot 15\text{H}_2\text{O}$  (?)  
 Уранопилит (гильпинит)  $\text{U}_6\text{O}_{12}(\text{OH})_{10}[\text{SO}_4] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$   
 $\beta$ -уранопилит  $\text{U}_6\text{O}_{12}(\text{OH})_{10}[\text{SO}_4] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   
 Иоганнит  $\text{CuU}_2\text{O}_4(\text{OH})_2[\text{SO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   
 Циппеит  $\text{U}_2\text{O}_4(\text{OH})_2[\text{SO}_4] \cdot 3 - 5\text{H}_2\text{O}$   
 Тухолит — асфальтоподобное вещество, содержащее U  
 Карбуран — близок к тухолиту

### ХРОМ

Добрелит  $\text{Cr}_2\text{FeS}_4$   
 Хромшпинелиды  $(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_4$   
 Хромит  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$   
 Хромрутил, содержит до 17%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$   
 Уваровит  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$   
 Хромовый эпидот  
 Хромовый диопсид  
 Фуксит — хромовая слюда  
 Кеммерерит } хромовые хлориты  
 Кочубейт }  
 Волоконскоит — хромсодержащий аллофан  
 Стихтит  $\text{Mg}_6\text{Cr}_2(\text{OH})_{16}[\text{CO}_3]$   
 Форнасит — основной хромат-арсенат свинца и меди  
 Дитцеит  $\text{Ca}_2(\text{JO}_3)_2[\text{CrO}_4]$   
 Крокоит  $\text{PbCrO}_4$   
 Феникохроит  $\text{Pb}_3\text{O}[\text{CrO}_4]_2$   
 Вокеленит  $(\text{Pb}, \text{Cu})_3\text{Cr}_2\text{O}_9$   
 Лаксманит  $(\text{Pb}, \text{Cu})_3[\text{CrO}_4, \text{PO}_4]_2$   
 Беллит — хромат-арсенат свинца  
 Реддингтонит  $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Ni})(\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$  (?)  
 Тарапакоит  $\text{K}_2\text{CrO}_4$

### ЦЕЗИЙ

Воробьевит  $\text{CsBe}_3\text{Al}_2[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$   
 Поллуцит  $\text{Cs}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot n\text{H}_2\text{O}$  ( $n < 1$ )  
 Родицит  $\text{KNaLi}_4\text{Al}_4\text{Be}_3\text{B}_{10}\text{O}_{27}$

### ЦЕРИЙ И ДРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭТОЙ ГРУППЫ

Дизаналит  $(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{Na})(\text{Ti}, \text{Fe}, \text{Nb})\text{O}_3$   
 Кнопит  $(\text{Ca}, \text{Ce})(\text{Ti}, \text{Fe})\text{O}_3$   
 Лопарит  $(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Nb})\text{O}_3$

**Пирохлор**  $(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})_2(\text{F}, \text{OH})(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6$   
**Коппит** — разновидность пирохлора, богатая церовой группой редких земель  
**Хальколамприт** — близок к пирохлору  
**Фергюсонит**  $(\text{Y}, \text{Er}, \text{Ce}, \text{U})(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})\text{O}_4$   
**Иттроганталит**  $(\text{Fe}, \text{Y}, \text{U}, \text{Ca}, \text{Ce})_4[(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_7]_3$   
**Лоранскит**  $(\text{Y}, \text{Ce}, \text{Ca}, \dots)(\text{Ta}, \text{Zr}, \dots)_2\text{O}_7$   
**Полимигнит**  $(\text{Ca}, \text{Y}, \text{Ce}, \dots)(\text{Ti}, \text{Zr}, \text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$  (?)  
**Эвксенит**  $(\text{Y}, \text{Ca}, \text{Ce}, \text{U}, \text{Th})(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})_2\text{O}_6$   
**Поликраз**  $(\text{Y}, \text{Ce}, \text{Ca}, \dots)(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})_2\text{O}_6$   
**Самарскит**  $(\text{Y}, \text{Er}, \text{Ce}, \dots)_4[(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_7]_3$   
**Эшинит**  $(\text{Ce}, \text{Ca}, \text{Th}, \dots)(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_6$   
**Бломстрандин (приорит)**  $(\text{Y}, \text{Er}, \text{Ce}, \text{Ca}, \text{Th}, \text{U})(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_6$   
**Давидит**  $\text{Fe}_2^{2+}(\text{Fe}^{3+}, \text{Ce})_2\text{Ti}_6\text{O}_{17}$   
**Меланоцерит** }  
**Кариоцерит** } — фторосиликаты  
**Стенструпин** }  
**Тритомит** — фторосиликат  $\text{Th}, \text{Ce}, \text{Y}, \text{Ca}$   
**Церианит**  $\text{CeO}_2$   
**Цергадолинит** — гадолинит, содержащий до 23%  $\text{Ce}_2\text{O}_3$   
**Макинтошит** — содержащий воду силикат  $\text{U}, \text{Th}, \text{Ce}$  и др.  
**Гадолинит** — содержит до 20%  $(\text{Ce}, \text{La}, \dots)_2\text{O}_3$   
**Торогуммит** — содержит до 6,7%  $(\text{Ce}, \text{La}, \dots)_2\text{O}_3$   
**Ортит**  $(\text{Ca}, \text{Ce})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{O}(\text{OH})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$   
**Церит**  $(\text{Ca}, \text{Y}, \text{Pr}, \dots)_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$   
**Нагательит**  $(\text{Ca}, \text{Ce})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3(\text{O}, \text{OH})[(\text{Si}, \text{P})\text{O}_4]_3$   
**Магнезиортит**  $(\text{Ca}, \text{Ce})_2\text{Mg}_2\text{AlO}(\text{O}, \text{OH}, \text{F})[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]$   
**Тернебомит**  $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Al})_3(\text{F}, \text{OH})[\text{SiO}_4]_2$   
**Беккелит**  $\text{Ca}_3(\text{Ce}, \text{La}, \dots)\text{O}_3[\text{SiO}_4]_3$   
**Лессингит**  $\text{Ca}_2(\text{Ce}, \text{Y}, \text{La}, \dots)_4(\text{OH}, \text{F})_4[\text{SiO}_4]_3$   
**Ценозит**  $\text{Ca}_2(\text{Ce}, \text{Y})_2(\text{CO}_3)[\text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot \text{H}_2\text{O}$   
**Бритоцит**  $(\text{Ce}, \text{Ca}, \text{Na})_5(\text{F}, \text{OH})[\text{SiO}_4, \text{PO}_4]_3$   
**Ферсмит**  $(\text{Ca}, \text{Ce})(\text{Nb}, \text{Ti}, \text{Fe}, \text{Al})_2(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_6$   
**Хагатацит** — разновидность циркона, содержащая редкие земли.  
**Роуландит**  $(\text{Y}, \text{Ce}, \text{La})_4\text{FeF}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2$   
**Чевкинит** — титаносиликат церия, продукт метамиктного распада богатого Fe и Ce иттроганталита  
**Джонструпит** }  
**Мозандрит** } — сложные церийсодержащие силикаты титана и циркония  
**Ринкит** }  
**Ринколит**  $\text{Na}_2\text{Ca}_4\text{CeTiOF}_3[\text{Si}_4\text{O}_4]_2$   
**Ловчоррит** — аморфная разность ринколита  
**Хальковскийит (кальковскийит)** — близок к эвксениту и эшиниту  
**Кодацит**  $(\text{Ca}, \text{Ce})(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{CO}_3]_2$   
**Бастнезит**  $(\text{Ce}, \text{La}, \dots)\text{F}[\text{CO}_3]$   
**Синхизит**  $\text{Ca}(\text{Ce}, \text{La}, \dots)\text{F}[\text{CO}_3]_2$   
**Паризит**  $\text{Ca}(\text{Ce}, \text{La}, \dots)_2\text{F}_2[\text{CO}_3]_3$   
**Кордилит**  $\text{Ba}(\text{Ce}, \text{La}, \dots)_2\text{F}_2[\text{CO}_3]_3$   
**Амбатоаринит**  $\text{Sr}(\text{Ce}, \text{La}, \dots)_2\text{O}[\text{CO}_3]_3$   
**Лантанит**  $(\text{La}, \text{Ce})_2[\text{CO}_3]_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
**Кальциоанкилит**  $5(\text{Ce}, \text{Y})_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 7(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$   
**Анкилит**  $\text{Sr}_3(\text{Ce}, \text{La}, \dots)_4(\text{OH})_4[\text{CO}_3]_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$   
**Монацит**  $(\text{Ce}, \text{La}, \dots)\text{PO}_4$   
**Флоренсит**  $\text{CeAl}_3(\text{OH})_6[\text{PO}_4]_2$   
**Церапатит** — разновидность апатита, содержащая церий  
**Рабдофанит**  $(\text{La}, \text{Y}, \text{Er})\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$   
**Чёрчит**  $(\text{Ce}, \text{Ca})\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
**Иттроцерит**  $(\text{Ca}_3, \text{Y}_2, \text{Ce}_2)\text{F}_6$   
**Флюоцерит**  $(\text{Ce}, \text{La})\text{F}_3$

## ЦИНК

**Сфалерит**  $\text{ZnS}$   
**Вюртцит**  $\text{ZnS}$   
**Стилеит**  $\text{ZnSe}$   
**Цинкит**  $\text{ZnO}$   
**Ганит**  $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$

Франклинит  $(\text{Zn}, \text{Mn})\text{Fe}_2\text{O}_4$   
 Гетеролит  $\text{ZnMn}_2\text{O}_4$   
 Халькофанит  $(\text{Mn}, \text{Zn})\text{Mn}_2\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
**Смитсонит**  $\text{ZnCO}_3$   
 Монгеймит  $(\text{Zn}, \text{Fe})\text{CO}_3$   
 Гидроцинкит  $\text{Zn}_5(\text{OH})_6[\text{CO}_3]_2$   
 Госларит  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   
 Цинкхалькантит  $(\text{Zn}, \text{Cu})\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   
 Цинкалюминит  $\text{Zn}_3\text{Al}_3(\text{OH}_{13}[\text{SO}_4]) \cdot \text{H}_2\text{O}$   
 Адамин  $\text{Zn}_2(\text{OH})[\text{AsO}_4]$   
 Тарбуттит  $\text{Zn}_2(\text{OH})[\text{PO}_4]$   
 Деклаузит  $(\text{Zn}, \text{Cu})\text{Pb}(\text{OH})[\text{VO}_4]$   
 Кёттигит  $\text{Zn}_3[\text{AsO}_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$   
 Леграндит  $\text{Zn}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$   
 Гопеит  $\text{Zn}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
 Парагопееит  $\text{Zn}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
 Виллемит  $\text{Zn}_2[\text{SiO}_4]$   
 Ходкинсонит  $\text{Zn}_2\text{Mn}(\text{OH})_2[\text{SiO}_4]$   
 Каламин  $\text{Zn}_4[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_2$   
 Клиноэдрит  $\text{Zn}_2\text{Ca}_2(\text{OH})_2[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot \text{H}_2\text{O}$   
 Гардистонит  $\text{Ca}_2\text{Zn}[\text{Si}_2\text{O}_7]$   
 Соконит  $\text{Zn}_3(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$

#### ЦИРКОНИЙ<sup>1</sup>

Бадделейт  $\text{ZrO}_2$   
 Розенбушит  $(\text{Na}, \text{Ca})_3(\text{Fe}, \text{Ti}, \text{Zr})\text{F}[\text{SiO}_4]_2$   
 Велерит  $(\text{Ca}, \text{Na})_3(\text{Zr}, \text{Nb})\text{F}[\text{SiO}_4]_2$   
 Ловозерит  $\text{Na}_2\text{Zr}(\text{CH})_6\text{Si}_6\text{O}_{12}$   
 Ловенит — имеет формулу велерита, но часть Ca замещена  $\text{Na}_2$ ,  $\text{H}_2$  и Zr  
 Гуаринит  $(\text{Ca}, \text{Na})_3(\text{Zr}, \text{Nb})\text{F}[\text{SiO}_4]_2$   
**Эвдиалит**  $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Fe})_6\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_{17}(\text{O}, \text{OH}, \text{Cl})]$   
 Эльпидит  $\text{Na}_2\text{ZrSi}_6\text{O}_{12}(\text{OH})_6$   
 Катаплект  $\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_3\text{O}_9] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
**Циркон**  $\text{ZrSiO}_4$   
 Циркелит  $(\text{Ca}, \text{Fe}, \text{Th}, \text{U})_2(\text{Ti}, \text{Zr})_2\text{O}_5$

<sup>1</sup> В виде изоморфной примеси цирконий входит в состав многих силикатов, встречающихся в богатых щелочами изверженных породах, а также сложных оксидах группы пирохлора и фергюсонита—эвксинита—самарскита.

## АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК И УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

### А

- Абукумалит — редкий; в пегматитах 314  
 Аварунит — из золотоносных россыпей 44  
 Авгит 139, 250, 278  
 Авгит базальтический 139  
 Агалит 144  
 Агальматолит 145  
 Агат 89, 249, 280  
 Агвиларит — Se-содержащий серебряный блеск 323  
 Агриколит — волокнистая разновидность эвлитита 312  
 Адамин 195, 288  
 Адуляр 162, 256  
 Азовскит — из железорудных месторождений Таманского полуострова 313  
 Азурит 181, 236, 238, 245, 268  
 Айкинит 64, 232, 271  
 Айналит — разновидность касситерита, богатая  $Ta_2O_5$   
 Акантит 53  
 Аквамарин 133  
 Аквиит 140, 250  
 Акрохордит  $(Mn, Mg)_5(OH)_4[AsO_4]_2 \times 5H_2O$ . Редкий  
 Аксинит 135, 253, 278  
 Актинолит 143, 253, 277  
 Актинолит-асбест 143  
 Алабандин 68, 273  
 Алаит 92  
 Алаомозит. Очень редкий. Радиально-лучистые агрегаты из зоны окисления 323  
 Александрит 101  
 Аллакит — очень редкий; из марганцевого месторождения Лонгбан в Швеции 317  
 Алланит = ортит  
 Аллемонит — почковидный, напоминает самородный мышьяк, оловянно-белый, с сильным блеском 318  
 Аллопалладий 322  
 Аллофан 158, 236  
 Аллохроит 122  
 Алмаз 39, 255, 295  
 Алтаит 62  
 Алюминит 212  
 Алунит 204, 236, 239, 274  
 Алуноген 212, 274  
 Алургит — фенгитизированный мусковит с небольшим содержанием двух- и трехвалентного марганца  
 Альбит 159, 256, 279  
 Альвит — разновидность циркона 123  
 Альгодонит ( $\gamma$ -домейкит) — гексагональная низкотемпературная полиморфная разность домейкита 318  
 Альмандин 123, 275  
 Альстонит 179  
 Алюминиевый скородит  $(Fe, Al)[AsO_4] \times 2H_2O$ . Содержит до 5,7%  $Al_2O_3$   
 Алюминит = алуминит  
 Алюмосерпентин — Al-содержащая разновидность серпентина  
 Алюмоскородит — Al-содержащая разновидность скородита  
 Алюмохалькосидерит — промежуточный между бирюзой и халькосидеритом (Al : Fe = 1 : 2)  
 Алюмохромит — хромшпинелид, богатый Al  
 Алюноген = алуноген  
 Аляскаит — богатый серебром галеновисмутит (?) 312  
 Амагутилит — разновидность циркона, содержащая редкие земли и  $P_2O_5$   
 Амазонит = амазонский камень 162, 253  
 Амазонский камень 162, 253  
 Амальгама золота 39  
 Амальгама серебра 38  
 Амбаторианит — редкий 324  
 Амблигонит 192, 254  
 Аметист 151  
 Аметист 88  
 Амиант — амфиболовый асбест  
 Аминовит — редкий  $Ca_2(Fe, Al)[Si(Si, Al)O_7] \cdot H_2O$  (?)  
 Аммиачные квасцы 211, 274  
 Аммиолит 325  
 Амозит — жилковатый грюнерит  
 Ампангабит. Пегматитовый 321

- Амфиболовый асбест=тремолит- и актинолит-асбест 143, а также крокидолит 144  
 Амфибол 142  
 Анальцим 163, 248, 283  
 Анатаз 86, 293  
 Ангидрит 202, 244, 245, 247, 269  
 Англезит 204, 247, 271  
 Андалузит 125, 251, 279  
 Андезин 159  
 Андорит 324  
 Андрадит 122, 275  
 Аннивит — Вi-содержащий тетраэдрит  
 Анимикит — сурьмянистое серебро 37  
 Анкерит 177, 267  
 Анкилит — редкий. Встречается в связи с нефелиновыми сиенитами 324  
 Аннабергит 198, 238, 240, 288  
 Аннит — чисто железистая разность лепидомелана  
 Аноксит — богатая кремнеземом разновидность каолинита  
 Аномит — биотит, отличающийся от обычного положением плоскости оптических осей  
 Анортит 160, 279  
 Анортоклаз 163  
 Анофорит — разновидность роговой обманки, стоит между арфведсонитом и баркевикитом, близка к катафориту  
 Антамоцит — смесь петцита и калаверита  
 Антигорит — компонент обыкновенных хлоритов 150  
 Антигорит — разновидность серпентина 152  
 Антимонит 65, 232, 271  
 Антлерит 206, 238, 273  
 Антозонит (воночий шпат) — радиоактивная темно-фиолетовая разность флюорита  
 Антофиллит 142, 248, 252, 283  
 Антраконит 174  
 Антрацит 284  
 Апатит 193, 244, 245, 248, 295  
 Аплом — глиноземистый андрадит 122  
 Апофиллит 158, 248, 283  
 Арагонит 177, 236, 266  
 Арамайцит 310  
 Арандизит 129  
 Аргенталь=мошельландсбергит  
 Аргентит 53, 233, 274  
 Аргентотеннантит — разновидность теннантита, содержащая 13% серебра  
 Аргентоярозит 324  
 Аргиродит — очень редкий 312  
 Арденнит — очень редкий 311  
 Арит — Sb-содержащая (до 6%) разновидность никелина  
 Арканзит 87  
 Аркверит — ртутьсодержащее серебро (13% Hg)  
 Арсенобисмит 312  
 Арсеноклазит — редкий; из района Лонгбана в Швеции 317  
 Арсеноламприт — волокнистая разновидность самородного мышьяка  
 Арсенолит 93, 235, 238, 239, 286  
 Арсенопирит 71, 234, 270  
 Арсенополибазит=пирсент  
 Артинит 316  
 Арфведсонит 144  
 Асбест змеиковый=хризотил-асбест  
 Асбест роговообманковый (амфиболовый) — тремолит-асбест и актинолит-асбест  
 Асбестовидный антофиллит 142  
 Асболоан 98, 293  
 Асбофит — близок к метакситу  
 Асперолит — богатая водой разность хризокоаллы  
 Астраханит 206  
 Астрофиллит 132, 243  
 Асфальт 284  
 Атакамит 227, 292  
 Ателестит — очень редкий; из зоны окисления 312  
 Атласный шпат=жилковатый кальцит 174  
 Атопит=ромент  
 Аурамальгама (амальгама золота) 39  
 Аурипигмент 65, 237, 243, 270  
 Аурихальцит 181  
 Ауросмирид — разновидность осмирида, содержащая около 19% Au  
 Аурустибит 313  
 Аутомолит (Mg, Zn)Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub> — Mg-содержащая разновидность гангита  
 Ауэрбахит — дипирамидальные светлые кристаллы циркона  
 Ауэрлит — фосфорсодержащая разность торита 124  
 Ахронит 135  
 Ашарит 186  
 Аширит (диоптаз) 133, 244, 275

## Б

- Бавалит — богатая закисным железом разновидность прохлорита  
 Бавенит — очень редкий; из миаролитовых пустот гранитных пегматитов 310  
 Багратнонит=ортит  
 Бадделент 87  
 Базальтический авгит 139  
 Базальтическая роговая обманка 143  
 Базаномелан 98, 105  
 Базобисмутит 246, 268  
 Байкалит — хорошо образованные кристаллы серовато-зеленого диопсида  
 Балтиморит — богатая железом разновидность хризотил-асбеста  
 Баллас 39  
 Бандилит — очень редкий 318  
 Барбьерит Na[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>] мон. с. — в чистом виде неизвестен, входит в состав натронсанидина как компонент твердого раствора  
 Бариевый гейландит — содержит 2,5% BaO  
 Бариевый псиломелан=романешит  
 Бариевый санидин — содержит BaO до 5%

- Бариевый флогопит — содержит до 2,5% BaO
- Барикальцит — кальцит с небольшой примесью бария
- Барномусковит = эллахерит
- Барилит — редкий; из марганцевых месторождений Лонгбана в Швеции 309
- Бареоанортит — анортит, содержащий незначительную (до 0,2%) примесь бария
- Барисилит — очень редкий; из марганцевых месторождений Лонгбана в Швеции 323
- Барит 203, 241, 244, 246, 269
- Бариевая селитра = нитробарит
- Баритокальцит 179
- Баритоанглезит — разновидность англезита, содержащая до 8,5% BaO
- Баритофиллит — старое название хлоритоида из месторождения Косой Брод на Урале
- Баритоцелестин — разновидность барита с высоким содержанием стронция
- Баркевикит — близок к арфведсониту
- Бархатная обманка = гётит 99
- Бассанит — полиморфная модификация ангидрита (продукт обезвоживания гипса) в выбросах Везувия
- Бассетит 328
- Бастит — псевдоморфозы по энстатиту
- Бастнезит 181
- Батрахит = монтичеллит
- Баумгауэрит — очень редкий 319, 322
- Бедантит 323
- Беегерит — очень редкий 322
- Бейделлит 157
- Беккелит — очень редкий. Отмечается в нефелиновых сиенитах близ Мариуполя 329
- Беккерелит 95
- Бекстрёмит — ромбическая модификация пирохроита
- Белая свинцовая руда 179
- Беллит — хромоарсенат свинца, возможно, смесь 328
- Беловит = арсенат 314
- Беломсрит = лунный камень
- Белый никелевый колчедан = хлоантит
- Бементит  $Mn_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$  — марганцевый антигорит
- Бёмит 83
- Бенжаминит 324
- Бенитоит — очень редкий 310
- Бентониты 154
- Бергманнит = натролит
- Берилл 133, 252, 254, 256, 280
- Бериллонит — редок, встречается в пегматитах 310
- Бертонит = бурнонит
- Бертрандит — редкий, встречается в пегматитовых жилах 310
- Бертьерит — похож на атимонит 66
- Берцелианит 51
- Бетафит 107
- Бефанамит — разновидность тортвейтита, содержащая Zr и Al
- Биберит 315
- Бидалотит — гиперстен, содержащий до 11,5%  $Al_2O_3$
- Биксбит 316
- Биндгеймит — почковидные массы, продукт изменения свинцово-сурьмяных руд 325
- Виннит (?) — теннантит, богатый Ag и Zn; неоднороден
- Биотит 147, 238, 241, 281
- Бирюза 199, 236, 249
- Бисмит 94, 285
- Бисмоклит — янокристаллическая разновидность добреита
- Бисмутаурит 38
- Бисмутинит = висмутин 66
- Бисмутит 312
- Бисмутосферит 182, 267
- Бисмутоплагинит = галенобисмутит
- Бисмутоанталит 109
- Биссолит — волосистая (тонкокогальчатая) разновидность тремолита или актинолита
- Битовнит 160
- Бишофит 227
- Благородная шпинель = красная шпинель
- Благородный опал = драгоценный опал 283
- Благородный серпентин = офит
- Блэдит = астраханит 206
- Блеклая руда 52, 271
- Бломстрандин = приорит 321
- Бломстрандит = бетафит 107
- Бобьерит  $Mg_3[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$
- Бовенит — нефритоподобная разновидность серпентинита
- Боденбендерит 314
- Боксит 84, 246, 287
- Бокспутит 312
- Боливанит = станнин
- Болтонит = форстерит
- Болюс 158
- Борацин ( $\beta$ ) 186, 255, 295
- Борная кислота = сассолин 236, 239
- Борнит 51, 234, 272
- Боромгнезит — подобен ашариту
- Боронатрокальцит = улексит 187
- Борт 39
- Восфорит 306
- Бравонит 320
- Брагит = брэгит
- Бразилит = бадделейт 87
- Бракебушит 311
- Браммалит — бедная натрием разновидность парагонита
- Брандизит — ксантофилит, содержащий железо
- Браннерит 327
- Браунит 96
- Брёггерит. Содержит до 14%  $ThO_2$  326
- Бреггит 320
- Бредигит — ромб. с., в отличие от ларнита
- Брейнерит 175
- Брейтгауптит — по структуре, свойствам и условиям образования близок к никелину 320
- Бритолит 329

Бромаргирит=бромирит  
 Бромеллит 81  
 Бромирит 226  
 Бромлит=альстонит 179  
 Бромхлораргирит=эмболит  
 Бронзит 137, 278  
 Брошантит 205, 240, 273  
 Брукит 86  
 Брусит 81, 246, 286  
 Брэггит 320, 322  
 Брюстерит — из группы цеолитов 309  
 Букландит 304  
 Буланжерит 63, 232, 233, 271  
 Буддымит (?) — разновидность вермикулита  
 Бумажный шпат=папиршпат  
 Бузениит — очень редкий. Был встречен в урановых месторождениях Саксонии 320  
 Бура 187, 248  
 Бурая стеклянная голова (гётит)  
 Бурнонит 63, 233, 271  
 Бурый железняк=лимонит  
 Бурый шпат=анкерит 177  
 Бурый уголь 284  
 Бустамит — стоит близко к волластониту 317  
 Бутит 210  
 Бухольцит — волокнистая разновидность силлиманита  
 Бьелкит=козалит

## В

Вавеллит 192, 243, 244, 287  
 Вагнерит 192  
 Вад 98, 235  
 Вакенродит — относительно бедная PbO и богатая H<sub>2</sub>O разность квенселита  
 Валентинит 93, 246, 285  
 Валлериит 317  
 Валуевит=ксантофиллит  
 Вальпургит 312  
 Вальтерит (?) — висмутовый карбонат, близкий к бисмутиту 312  
 Ванадинит 195, 242, 243  
 Ванодомагнетит — магнетит, содержащий до 5% V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 Ванденбрандеит 327  
 Вандендрисшеит — водный свинцовый уранат  
 Ваноксит 311  
 Варвикит — очень редкий 311  
 Варренит=кобальтсмитсонит  
 Вартаит — смесь козалита и галенита  
 Ватлингениит — подробного описания нет, возможно смесь ангидрита и кизерита  
 Ваэсит — редкий 320  
 Вебстерит=алуминит  
 Вевеллит=узеллит  
 Вегазит=плюмбоярозит  
 Везувиан 130, 252, 254, 281  
 Вейбуллит — очень редкий 312  
 Вейншенкит 314  
 Вейссит — очень редкий 326  
 Вёлерит — редкий 330

Верделит — зеленая разновидность турмалина  
 Верлит — очень редкий 311  
 Вермикулит 148, 281  
 Вернадит 316  
 Вернадскит — очень редок 317  
 Вернерит=скаполит  
 Веслинит=роменит 325  
 Вивианит 197, 238, 244, 291  
 Викиит (?) — из группы эвксенита 321  
 Виллемит 119, 252, 253, 275  
 Виллиамит=вильямит  
 Виллиомит — цвет красный. Легко растворяется в воде. Встречается в нефелиновых сиенитах 221  
 Вилуит 130, 251  
 Вильомит=виллиомит 221  
 Вильямсит — никельсодержащий серпентин (до десятых долей процента NiO)  
 Винклерит (?) — близок к асболану. Обнаруживает присутствие (до 5%) активного кислорода  
 Виноградовит 326  
 Винчит — синяя разновидность тремолита  
 Виолан — синий диопсид, содержит Na<sub>2</sub>O (3%) и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3%)  
 Виоларит — содержит до 2,5% Со и до 1% Си. Характерен фиолетово-серый цвет 320  
 Виридин=манганандалузит  
 Висаксонит — недостаточно изучен, возможно, метамиктный по циркону  
 Висмут 42, 234, 237, 284  
 Висмутин 66, 231, 232, 272  
 Висмутистое золото 38  
 Висмутистое серебро 37  
 Висмутовая охра=бисмит 94, 285  
 Висмутовый блеск=висмутин 66  
 Витерит 179, 247, 266  
 Витнеит — мышьяковистая медь (до 11,5% As)  
 Виттингофит 321  
 Виттит — очень редкий. Содержит до 8,5% Se 311  
 Виттихенит 311  
 Витчит — встречается с другими боратами 310  
 Вишневит=сульфат-канкринит 166  
 Вода 79  
 Воданит — титансодержащий биотит (около 12% TiO<sub>2</sub>)  
 Вокеленит 214  
 Волканит=селенистая сера  
 Волконскоит 157  
 Волластонит 141, 248, 276  
 Волосатик — горный хрусталь, проросший тонкими волосовидными кристалликами рутила, актинолита, турмалина и других минералов  
 Волосистый колчедан=миллерит 74  
 Вольгитт 75  
 Вольфахит — очень редкий 320, 324  
 Вольфрамит 217, 242, 290, 291, 294

Вольфрамовая охра = тунгстит, ферритунгстит 94  
Вольфсбергит = халькостибит  
Вонсенит = людовигит, богатый Fe<sup>+++</sup> 186  
Воробьевит 133  
Врбаит — очень редкий. Был встречен в тесном парагенезисе с реальгаром и аурипигментом 319  
Вреденбургит — смесь гаусманита и якобсита, продукт распада твердого раствора  
Вульфенит 215, 242, 243, 289  
Вуртцит = вюртцит  
Вюртцит 58

## Г

Гагеманнит — смесь томсенолита и ральстонита  
Гадолит — редкий. Встречается в пегматитовых жилах 310  
Гакманит Na<sub>8</sub>(Cl, S)<sub>2</sub>[AlSiO<sub>4</sub>]<sub>6</sub>. Встречается в связи с нефелиновыми сиенитами  
Галаксит (Mn, Fe)Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub>  
Галенит 61, 233, 271  
Галеновисмутит 312, 322  
Галит 224, 237, 239, 240, 241, 244, 248, 271, 287  
Галлит 312  
Галлуазит 155, 235  
Галмей — смесь каламина со смитсонитом, иногда как синоним каламина  
Галотрихит 211, 237, 239, 240  
Гамбергит 186  
Ганит 102  
Гарбортит — разновидность вавеллита, содержит меньше воды  
Гардистонит 330  
Гармотом 171, 248  
Гарниерит 156, 281  
Гаррелсит 310  
Гарризит 305  
Гартит = сванбергит  
Гастальдит — глиноземистая разновидность глаукофана  
Гастингсит — из группы щелочных роговых обманок, содержит Mn и Fe  
Гатчетолит — разновидность пирохлора, бедная натрием и богатая ураном и TiO<sub>2</sub> 107  
Ti-гатчетолит 327  
Гауерит — куб. с. Полиморфная разновидность алабандина. Редок  
Гаунахуатит Bi<sub>2</sub>(Se, S)<sub>3</sub>  
Гаусманит 103  
Гаухекорнит — не вполне достоверен 320  
Гауэрит 316  
Гаюин 166, 254  
Гвадалкарит — цинксодержащий метациннабарит  
Гверсолт — разновидность галотрихита из вулканических пород Исландии, содержащая Mg и Fe<sup>+++</sup>  
Геварксутит 223  
Геденбергит 138, 250, 278

Гедифан — кальцевая разновидность миметезита  
Гедрит = жедрит  
Гейзерит 91  
Гейкилит — часто содержит значительное количество железа 316, 326  
Гейландит 170, 241, 248  
Гейлюссит 183  
Гексагидрит 316  
Геленит Ca<sub>2</sub>[AlSiAlO<sub>7</sub>]. Из группы меллита. Встречается в скарпах  
Гелиодор — желтая прозрачная разновидность берилла 133  
Гелиотроп — зеленый с красными пятнами халцедон 89  
Гелиофиллит = экдемит  
Гельвин 167  
Гематит 98, 249, 253, 290  
Гематостибнит — железосодержащая разновидность манганостибнита  
Гемиморфит = каламин  
Гентит (?) — близок к ревдинкиту или гарниериту 320  
Геокронит — иногда содержит медь 319, 325  
Гердерит 192  
Германит — очень редкий. Цветом напоминает борнит 312, 319  
Герсдорфит 73, 234, 270  
Герценбергит — очень редкий. Образует тонкочешуйчатые графитоподобные массы 321  
Герцинит 102  
Гершелит — разновидность шабазита, в которой содержание щелочей превышает содержание кальция  
Гессит 54  
Гессонит 122  
Гетерогенит = стениерит  
Гетеролит 330  
Гетероморфит — очень редкий 325  
Гётит 99, 252  
Гиалит — водянопрозрачная разновидность опала 91, 283  
Гиалосидерит 120  
Гиалотекит — очень редкий 309  
Гиалофан 163  
Гиацинт — красновато-коричневый циркон 123  
Гиббсит = гидраргиллит 83  
Гидденит 139  
Гидраргиллит 83, 235, 239, 287  
Гидробиотит 148  
Гидробисмутит = бисмутит  
Гидроборатит 188, 246  
Гидрогалит 227  
Гидрогематит — гематит, содержащий небольшое количество воды  
Гидрогётит 100, 236, 237, 249, 291  
Гидрогроссуляр — промежуточный между гроссуляром и плазолитом  
Гидроклиногумит = титаноклиногумит  
Гидроклиноизит = пумпеллит  
Гидрокуприт — вероятно, водосодержащий метакolloидный Si<sub>2</sub>O  
Гидромагнезит 183, 236, 239, 266

- Гидроманганит — обогащенный водой манганит  
 Гидроромеит 325  
 Гидромусковит 148  
 Гидронозеан = сульфат-канкринит  
 Гидропироксид — содержит до 6%  $H_2O$   
 Гидрослюда 148  
 Гидротальцит — талькоподобный 316  
 Гидротортит — богатый водой продукт разрушения торита (до 18%  $H_2O$ ) 326  
 Гидротунгстит — продукт выветривания вольфрамовых минералов  
 Гидрофан = опал  
 Гидрофлогопит — продукт гидратации флогопита (гидрослюда)  
 Гидроцеруссит  $Pb_3(OH)_2[CO_3]_2$  323  
 Гидроцинкит 181, 268  
 Гизингерит 158  
 Гимнит = офит  
 Гиперстен 137, 250  
 Гипс 208, 237, 239, 241, 246, 268  
 Гитерманит — очень редкий 319  
 Глауколит = глауколит  
 Гладит 312  
 Глауберит 202  
 Глауберова соль = мирабилит 206  
 Глаукодит 270, 305  
 Глауколит 168  
 Глаукоцит 149, 238, 281  
 Глаукопаргасит — амфибол, промежуточный между глаукофаном и паргаситом  
 Глаукопирит = лёллингит  
 Глаукофан — щелочная роговая обманка. Характерен синий цвет и нередко волокнистое сложение агрегатов 144  
 Глет  $PbO$ . Редкий  
 Гмелинит 170  
 Гнилой камень 169  
 Гойяцит 324  
 Голландит 317  
 Голубой асбест = крокидолит  
 Гольдфильдит — принимался за теллур-содержащий тетраэдрит, в действительности смесь различных минералов 325  
 Гольдшмидтит = стефанит  
 Гопеит — минерал зоны окисления 330  
 Горная кожа 153  
 Горная пробка 153  
 Горное дерево 153  
 Горное мясо 153  
 Горный хрусталь 88  
 Гороховый камень 178  
 Горсфордит 324  
 Гортонолит — из группы оливина  $(Fe, Mg, Mn)_2[SiO_4]$   
 Горшечный камень 144  
 Горькая соль = эпсомит 209  
 Горький шпат — старое название доломита  
 Госларит 209, 272  
 Граматит = тремолит  
 Гранаты 121, 251, 253, 254, 275, 276  
 Грандит — гранат, промежуточный между гроссуляром и андрадитом  
 Графит 41, 232, 295  
 Графитит 40  
 Графтонит 313  
 Гребенчатый колчедан = марказит  
 Грейтонит — очень редкий 319  
 Гриноцит — розово-красная марганцовистая разновидность сфена  
 Гринокит 59, 238  
 Гроссуляр 122, 276  
 Грохауит — разновидность прохлорита, богатая Mg  
 Грэбейт  $C_{18}H_{14}O_8$ . Ярко-красного цвета, кристаллический налет в трещинах глинистых сланцев  
 Грюнерит — крайний член ряда купферит — грюнерит 143  
 Грюнлингит = жезоит  
 Гуанахуатит 311  
 Гуаринит — очень редкий. Минерал нефелиновых сиенитов 330  
 Гудмундит — по форме кристаллов и цвету напоминает арсенопирит. Редкий 324  
 Гулсит (?) — плохо изучен 321  
 Гумбольдит = датолит  
 Гумит 121  
 Гуммит — смесь продуктов изменения уранинита, возможно, кюрита и соддинита 124, 237  
 Гумучионит 58  
 Гунгаррит — смесь казолита и галенита 322  
 Гуссакит — разновидность ксенотима, содержащая до 6%  $SO_3$   
 Гутчинсонит 319  
 Гюбнерит 217  
 Гюгелит — свинцово-цинковый ванадат 311  
 Гюмбелит — одна из разновидностей гидромусковита

## Д

- Давидит — содержит до 8% редких земель и 5%  $UO_2$  329  
 Дамурит = гидромусковит  
 Данаит — богатая Fe и бедная Co разновидность глаукодота  
 Даналит 167  
 Данбурит 128, 256  
 Даннеморит — разновидность куммингтонита, содержащая  $MnO$ , из группы амфиболов  
 Датолит 129, 256, 276  
 Дафнит 151  
 Дашкесанит 305  
 Девейлит = офит 304  
 Девиндтит 328  
 Деклуазит 311  
 Деллафоссит — желваки, натеки, таблитчатые кристаллы среди продуктов выветривания 317  
 Делессит — железистая разновидность пеннинна  
 Делоренцит — содержит примесь  $SnO_2$  до 4%. Встречается в пегматите 313, 326, 327

Демантоид — зеленая разновидность андрадита 122  
 Демидовит — разновидность хризоколлы, содержащая до 9%  $P_2O_5$   
 Дербилит 325  
 Деревянистый оловянный камень 92  
 Деревянистый опал — псевдоморфоза по дереву 283  
 Дернит — разновидность апатита с наибольшим содержанием  $Na_2O$  и  $K_2O$   
 Десмин 171, 248, 282  
 Дешенит 311  
 Джалмаит = дьялмаит 321  
 Джемсонит 62, 232, 233  
 Джефферсонит 138  
 Джиббсит = гидраргиллит  
 Жиллеспит — слюдоподобный. По структуре близок к апофиллиту 309  
 Джиорджиозит — одного состава с гидромагнезитом, аморфный  
 Джозефинит — разновидность железистого никеля = аварунит 320  
 Джонструпит  $(Ca, Na)_3(Ti, Ce, Zr)(F, OH)[SiO_4]_2$ . Очень редкий 329  
 Диаллаг 138, 242  
 Диаспор 83, 253, 287  
 Диатомит = диатомовый ил  
 Диатомовый ил 91  
 Диафорит 324, 325  
 Дигидрит 318  
 Дигенит — смесь халькозина и ковеллина  
 Дидимолит  $(Ca, Mg, Fe)Al_2O[Si_3O_9]$   
 Дизаналит — из группы перовскита 328  
 Диктит 155  
 Динерит — содержит Co 320  
 Диопсид 138, 253, 257, 279, 280  
 Диоптаз = аширит 133  
 Дипир 167  
 Дискразит 54, 233, 288  
 Дислюит — Mn разновидность ганита  
 Дистен 126, 245, 247, 278  
 Дистерит = ксантофиллит, брандизит  
 Дитцеит — очень редкий 328  
 Дихроит = корднерит  
 Добреит 312  
 Добрелит — встречается в метеоритах 328  
 Докучаевит — смесь делафоссита и гидронакрита  
 Долерофанит — продукт вулканической деятельности 317  
 Доломит 176, 247, 267  
 Домейкит 51  
 Дошатый шпат = волластонит 141  
 Дравит — магниевая разновидность турмалина 135  
 Драгоценный опал 91  
 Дурденит 326  
 Дымчатый кварц 89  
 Дюдзонит — аннабергит, содержащий Ca  
 Дюмонит 328  
 Дюмортьерит 127  
 Дюпаркит — везувиан  
 Дюфренуазит — очень редкий 319

## Е

Евреиновит = везувиан  
 Еремеевит 187

## Ж

Жад = нефрит  
 Жадеит 140  
 Жаргон — бледно-соломенно-желтый циркон 123  
 Жедрит — богатая глиноземом и железом разновидность антофиллита 142  
 Железистая платина = ферроплатина  
 Железистые квасцы 211  
 Железистый никель = аварунит  
 Железная роза 98  
 Железная слюдка 98  
 Железная сметана 98  
 Железные цветы 178  
 Железный блеск 98, 250  
 Железный колчедан — старое название пирита  
 Железный купорос = мелантерит  
 Железный шпат — старое название сидерита 176  
 Железо самородное 43, 284  
 Железо-никелевый колчедан — устаревшее название пентландита  
 Желтый никелевый колчедан — устаревшее название миллерита  
 Жемчуг — перламутровые шарики, образующиеся внутри некоторых раковин; состоит из арагонита с примесью органического вещества  
 Жемчужный шпат 176  
 Жилковатый кальцит 174  
 Жильбертит 147, 243, 245  
 Жировик = стеатит  
 Жозеит — содержит также Se. Очень редкий 311, 326  
 Жюльенит — очень редкий. Гипергенный, в виде выцветов 315

## З

Зандбергит — богатый цинком теннантит или тетраэдрит  
 Заратит 184  
 Зейбертит — разновидность ксантофиллита  
 Зейригит = молибдошеелит  
 Зеленая шпинель = хлорошпинель  
 Зелигманит — изоморфен с бурнонитом. Очень редкий 317, 319  
 Земное железо 44  
 Зигенит — иногда содержит много селена и теллура 315, 320  
 Зиландит — устаревшее название эпсомита  
 Змеевик = серпентин  
 Золотая амальгама 39  
 Золотистая медь — самородная медь, содержащая до 3% Au.  
 Золотистое серебро 37  
 Золото 37, 234, 283  
 Зуннит 127

## И

Иваарит = шорломит  
 Игольчатая железная руда 99  
 Игольчатая руда = айкинит 64  
 Иглстонит = эглестонит  
 Идокраз = везувиан  
 Иенерит = буланжерит  
 Иенит = ильваит  
 Иетманит 325  
 Известковая селитра = нитрокальцит  
 Известковая урановая слюдка = отунит  
 Известковый шпат = кальцит  
 Изерит (?) — неоднородное, особенно богатые железом разности нигрина 85  
 Изоклаз = изоклазит  
 Изомикроклин — оптически положительная разность микроклина  
 Изортотлаз — оптически положительная разность адуляра  
 Изумруд 133  
 Иксиолит 321  
 Илеит 212  
 Иллит = гидромусковит 148  
 Ильваит 131  
 Ильземанит — очень редкий. Слабо изучен 318  
 Ильменит 104, 232, 290  
 Ильменорутит 85  
 Иматровы камни 174  
 Индерборит 310  
 Индерит 310  
 Индиголит 135  
 Индийская селитра = калиевая селитра  
 Иниоит = иньоит 189  
 Иоганнит 213  
 Иодирит 226  
 Иодобромит 324  
 Иолит = кордиерит 134  
 Иорданит — редкий 319  
 Ирвингит — из группы лепидолита,  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 6 : 1$   
 Иридий = платинистый иридий  
 Иридийская платина 44  
 Иридийский осмий = осмистый иридий  
 Исландский шпат = кальцит 174  
 Иттриалит 314, 327  
 Иттровый гранат — алмадин, содержащий Y и редкие земли 122  
 Иттрогуммит 327  
 Иттрокразит — сходен с делоренцитом 326  
 Иттроортит — иттрийсодержащий ортит (до 8%  $\text{Y}_2\text{O}_3$ )  
 Иттроганталит 109  
 Иттротитанит (Ca, Y, Ce)TiO[SiO<sub>4</sub>]. Напоминает сфен  
 Иттрофлюорит Куб. с. Редкий 314  
 Иттроцерит Куб. с. 314  
 Ишкаваит 321  
 Ишкулит = хроммагнетит

## К

Каберит — магнезиальная разность аннабергита. Редкий 320  
 Кадмиевая обманка = гринокит 59

Казолит 124  
 Каинит 213, 249, 269  
 Калаверит 56  
 Каламин 129, 248, 275  
 Калиастрханит = леонит  
 Калиборит — очень редкий 314  
 Калиевая селитра 184  
 Калиевые квасцы = калинит 211, 269  
 Калиевый псиломелан = криптомелан  
 Калингастит — мелантерит, содержащий до 8,5% ZnO  
 Калинит 211  
 Калиофилит  $\text{K}[\text{AlSiO}_4]$ . Без химического анализа трудно отличим от нефелина  
 Калитомсонит — томсонит, содержащий до 6%  $\text{K}_2\text{O}$   
 Калифорнит = везувиан  
 Калицинит — редкий. Встречается вместе с калиевой селитрой 314  
 Каллант = бирюза  
 Каломель 226  
 Кальсилит  $\text{K}[\text{AlSiO}_4]$  — кристаллохимически отличен от калиофилита  
 Калициевый бронзит — содержит до 9%  $\text{CaSiO}_3$   
 Калициевый карнотит = тюямунит  
 Калициевый псиломелан = рансьеит  
 Калициевый родохрозит — родохрозит, содержащий значительную примесь кальция  
 Калициевый уранит = отунит  
 Кальциоанкилит 329  
 Кальциобарит 310  
 Кальциогадолинит — гадолинит, содержащий до 12% CaO  
 Кальциолазулит — лазулит, в котором  $\frac{1}{6}$  (Fe., Mg) заменена Ca  
 Кальциомонтмориллонит — монтмориллонит с небольшим содержанием CaO  
 Кальциосамарскит — богатая CaO разновидность самарскита 321  
 Кальциоспессартин — спессартин, содержащий CaO  
 Кальциостронцианит — стронцианит со значительной примесью кальция 178  
 Кальциофольборит = фольборит  
 Кальциоцельзиан — цельзиан, содержащий около 4% CaO  
 Кальцит 173, 236, 247, 267  
 Кальцитовый оникс 174  
 Камасит 44  
 Каменная соль = галит 224  
 Каменный мозг 307  
 Каменный уголь 284  
 Кампилит 194, 288  
 Камселлит = ашарит  
 Канбит, канбит — чисто железистая разность ферригаллуазита  
 Канкринит 165, 251, 252, 266  
 Канницарит — галеновисмутит  
 Канфильдит — содержит также Ge. Очень редкий 312  
 Каолин = каолинит 154  
 Каолинит 154, 238, 282  
 Каппеленит — очень редкий 309, 313  
 Карачаит = серпентин

- Карбонадо 40  
 Карбонат-канкринит — канкринит, со-  
 держащий  $[\text{CO}_3]$   
 Карбуран — асфальтоподобное веществ-  
 во, содержащее уран 328  
 Каринтин — близок к обычной роговой  
 обманке  
 Кариоцерит (?) — разновидность мела-  
 ноцерита 313, 326, 329  
 Карцаллит 228, 241, 286  
 Карнегиит — триклинная модификация  
 нефелина (искусств.)  
 Карнеол — красный халцедон 89  
 Карнеол-оникс — агат с красными и бе-  
 лыми полосками  
 Карнотит 197  
 Карпинскит  $\text{Na}_2[\text{BeAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ .  
 Очень редкий.  
 Карролит 315, 317  
 Карстенит = ангидрит  
 Кассинит — бариевый ортоклаз ( $\text{BaO} =$   
 $= 3,7\%$ ), относится к гиалофанам  
 Касситерит 91, 251, 253, 290  
 Касторит = петалит 165  
 Катангит = хризоколла  
 Катаплеит 135  
 Катафорит — щелочная роговая обман-  
 ка, промежуточная между арфведсо-  
 нитом и баркевикитом  
 Катоптриз 325  
 Каттиерит — редкий 315  
 Катьерит = каттиерит  
 Кахолонг — молочно-белый опал 89  
 Кварц ( $\alpha$ ) 88  
 Кварц обыкновенный ( $\beta$ ) 88, 251, 253,  
 255, 256, 280  
 Кварцин — халцедон с положительным  
 знаком удлинения  
 Квасцовый камень = алунит  
 Квасцы 211  
 Квенселит 323  
 Квенштедтит (?) — сходен с кокимби-  
 том 212  
 Кейльгауит = кейльхауит 128  
 Кейльхауит = иттротитанит  
 Кеммерерит 151  
 Кёнигит = брошантит  
 Кентролит 323  
 Керамогалит = алуноген  
 Кераргирит 225, 235, 295  
 Кермезит 76, 240  
 Керолит 155  
 Керрит = гидрофлогопит (?)  
 Керстенит 323  
 Керсутит — богатая титаном базальтиче-  
 ская роговая обманка  
 Керченит 306  
 Кёттигит 330  
 Кёхлинит — очень редкий 216  
 Кианит-дистен 126  
 Кианофилит  $\text{H}(\text{K}, \text{Na})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  — про-  
 дукт изменения кианита и силлиmani-  
 та  
 Кизерит 207, 249, 270  
 Киевит — разновидность куммингтонита  
 Килеит = цинкениит  
 Киллиндрит = цилиндрит 61  
 Киноварь 59, 240, 274  
 Кировит 316  
 Кирличная руда 80, 237, 292  
 Киртолит = циртолит  
 Клапротит — не вполне точно установ-  
 лен, возможно, смесь эмплектита и  
 виттихенита 311  
 Кларкеит — содержит также  $\text{Pb}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$   
 327  
 Клаудетит — мон. с. 319  
 Клаусталит — редкий 322  
 Клевейт — разновидность уранинита, со-  
 держащая до 12% редких земель 95  
 Клевеландит — листоватая, пластинча-  
 тая разновидность альбита 160  
 Клейнит — очень редок 322  
 Клейофан 58  
 Кливейт 327  
 Клиногиперстен  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Мон. с.  
 Клиногумит = гумит мон. с. 121  
 Клиноклазит 318  
 Клиноптилолит — несколько более бога-  
 тый  $\text{SiO}_2$  гейландит  
 Клинотрифилит — по составу аналогичен  
 трифлину, но не ромбической синго-  
 нии  
 Клиноферросилит — железистая разно-  
 видность клиноэнстатита  
 Клинохлор 151  
 Клиноцоизит 131  
 Клиноэдрит 330  
 Клиноэнстатит  $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Мон. с.  
 Клинтонит = ксантофиллит  
 Клифтонит — псевдоморфоза графита по  
 алмазу в метеоритах 41  
 Клокманнит 323  
 Кнебелит 120  
 Кноксвиллит — хромсодержащая разно-  
 видность копиапита  
 Кнопит 104  
 Кобальтдоломит — кобальтсодержащий  
 доломит  
 Кобальтин 72, 234, 270  
 Кобальтадамин — разновидность адами-  
 на, содержащая  $\text{Co}$   
 Кобальтмелантерит — редко встречаю-  
 щийся кобальтсодержащий мелантерит  
 Кобальтникельпирит — разновидность пи-  
 рита, содержащая  $\text{Co}$  и  $\text{Ni}$  (хенглей-  
 нит) 315, 320  
 Кобальтовые цветы = эритрин 198  
 Кобальтовый блеск = кобальтин 72  
 Кобальтовый колчедан = линнеит  
 Кобальтовый купорос = биберит  
 Кобальтовый шпат = сферокобальтит 176  
 Кобальтоменит 323  
 Кобальтпирит 315  
 Кобальтсмитсонит 315  
 Кобальтхалькантит 315  
 Кобеллит 311, 325  
 Ковеллин 49, 244, 272  
 Когенит  $\text{Fe}_3\text{C}$ . Магнитен. Встречается в  
 железных метеоритах  
 Кодацит — близок к анкериту 177  
 Козалит 311, 322

- Кокимбит 212  
 Кокинерит 323  
 Кокколит — разновидность диопсида с Fe...  
 Кокшаровит = паргасит  
 Колеманит 189, 247  
 Колесная руда = бурнонит 63  
 Коллинт — пироморфит, содержащий  $V_2O_5$ . Редкий  
 Коловратит — водный силикат и ванадат Al и Ni. Вероятно, смесь некоторых минералов. Пластинки и розетки голубого, зеленоватого и коричнево-желтого цвета. Гипергенный 311  
 Колорадоит — очень редкий 322  
 Колумбит 106, 250  
 Колусит = колюзит 311  
 Кольбекин = герценбергит  
 Кольбекит 310  
 Кольскит = серпентин  
 Колюзит — оловосодержащий арсеносульванит  
 Компастельский рубин 89  
 Комптонит = томсонит  
 Конгсбергит — серебряная амальгама, содержит 5% Hg  
 Коннарит 320  
 Копиапит 212  
 Коппит — разновидность пирохлора, обогащенная редкими землями 320  
 Копьевидный колчедан = марказит  
 Коралловая руда = печенковая руда  
 Корвусит — содержит также  $UO_3$ . Очень редкий 311  
 Кордиерит 134, 280  
 Кордилит — редкий 329  
 Коринит 73  
 Коркит 323  
 Корнерупин  $MgAl_2SiO_6$ , содержит также до 3,5%  $V_2O_5$ . Близок по форме кристаллов и свойствам к ромбическим пироксенам  
 Корнюит = хризоколла  
 Коронадит 317  
 Корунд 82, 252, 255, 287  
 Коссирит — разновидность энigmatита, содержит много Fe...  
 Котоит — минерал контактово-метасоматических зон 316  
 Котунит 226  
 Кочубейт 151  
 Кошачий глаз — псевдоморфоза кварца по асбестовидному минералу  
 Красная железная руда 98  
 Красная медная руда = куприт 80  
 Красная светлая серебряная руда = прустит 55  
 Красная темная серебряная руда = пираргирит 55  
 Красная стеклянная голова — гематит в виде почкообразных натеков волокнистого сложения  
 Красная сурьмяная руда = кермесит 76  
 Красная цинковая руда = цинкит 81  
 Красная шпинель 101  
 Красный железняк 98, 237  
 Красный никелевый колчедан = никелин 74  
 Креднерит 317  
 Крейтонит — разновидность аутомолита, содержащая  $FeO$ , а также  $Fe_2O_3$   
 Кремь 90, 249, 280  
 Кремневая накипь — отложение горячих источников, то же, что гейзерит 283  
 Кремнистый туф = кремневая накипь 283  
 Креннерит — очень редкий 313  
 Кридит 223  
 Криогалит 227  
 Криолит 222, 246, 286  
 Криолитонит 223  
 Криофиллит — разновидность лепидолита, в которой Li замещен частично Fe, а F — OH  
 Криптомелан 317  
 Кристобалит ( $\alpha$ ) 88  
 Кристобалит ( $\beta$ ) 88  
 Кристофит 58  
 Кричтонит = ильменит  
 Крокидолит 144  
 Крокоит 214, 241, 289  
 Кроссит — разновидность глаукофана, обогащенная Fe и Fe...  
 Крукезит — очень редкий 323  
 Крукезит = крукезит  
 Ксантокон = ксантоконит  
 Ксантоконит 318, 324  
 Ксантосидерит = гидротетит  
 Ксантофиллит 308  
 Ксантохроит = аморфный CdS  
 Ксенотим 191, 242  
 Ктипеит — скрытоволокнистая разновидность арагонита, слагает слои оолитов  
 Кубанит 51  
 Кукент — близок к хлоритам. Редкий 315  
 Кулсонит — ванадийсодержащая (до 9%) разновидность магнетита 311  
 Куммингтонит — из группы амфиболов 316  
 Кунцит 139  
 Куперит — редкий, известен в платиновых породах Бушвельдского комплекса (Южная Африка) 322  
 Куплесткит 317  
 Куприт 80, 241, 292  
 Купроадамин — адамин, содержащий медь  
 Купроаурит — медистое золото, с содержанием Cu до 20%  
 Купробисмутит — смесь висмутина и эмплектита  
 Купрогосларит 210  
 Купродеклуазит 318  
 Купрокопиапит — разновидность копияпита, богатая Cu 212  
 Купромагнетит — магнийсодержащая разновидность бутита  
 Купромелантерит — мелантерит, содержащий медь  
 Купроплатина — содержит медь в количестве до 14% 322  
 Купроскладовскит 327

Купротунгстит — точно не установлен 312  
 Купроцинкит — цинк содержащая разновидность малахита  
 Купрошеелит — шеелит, содержащий до 7%  $\text{CuO}$  216  
 Купферникель = никелин 74  
 Купфферит — в чистом виде не встречается, входит в состав изоморфных смесей купфферита-грюнерита 316  
 Курнаковит — генетически тесно связан с ашаритом 310  
 Курскит  $\text{Ca}_8\text{F}_2(\text{CO}_3)[\text{PO}_4]_4$ . Скрытокристаллический 306  
 Курцит — один из цеолитов окраины Симферополя, близкий к уэлситу  
 Куспидин  $\text{Ca}_4\text{F}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$ . Редкий  
 Кыштымит — может быть, бастнезит с (ОН) вместо F и относительно большим количеством La  
 Кюриг 95  
 Кюстелит — золотистое серебро, содержит Au до 10% и больше  
 Кюстерит — куспидин, в котором часть фтора замещена (ОН)

## Л

Лабрадор 160, 254, 255, 279  
 Лавренсит  $\text{FeCl}_2$  — минерал метеоритов  
 Лавровит — диопсид, содержащий до 4%  $\text{V}_2\text{O}_5$   
 Лазулит 196  
 Лазурит 166, 254, 269  
 Лаксманит = вокеленит 215, 328  
 Ламбертит = уранотил 124  
 Лампадит 98  
 Лампрофиллит 132, 241  
 Лангбейнит 314  
 Лангит 317  
 Лантаниг 329  
 Ларнит — мон. с., в отличие от бредигита 315  
 Ларсенит — очень редкий 323  
 Латунные цветы — разновидность аурихальцита с относительно небольшим содержанием меди 181  
 Лауцит 317  
 Лаурит — тв. 7—8 (наивысшая для сульфидов). Встречен в медно-никелевых рудах Сёдбери. Редок. 322  
 Лаутит — очень редкий 318  
 Леверрьерит — близок к каолиниту  
 Легкий шпат = гипс 208  
 Леграндит — редкий 330  
 Лед 79  
 Ледгиллит 323  
 Ледяной шпат 162  
 Лейкоглаукит  $\text{Fe}\cdot\text{H}[\text{SO}_4]_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Физические свойства не изучены  
 Лейкоксен — смесь нескольких минералов, продукт разрушения ильменита 128  
 Лейкопирит = лёллингит  
 Лейкосапфир — бесцветный корунд  
 Лейкосфен = лейкофенит 310

Лейкосфенит — очень редкий. Встречен в нефелиновых сиенитах Южной Гренландии  
 Лейкофан = лейкофанит  
 Лейкофанит — очень редкий. Был встречен в сиенитовых пегматитах 310  
 Лейхтенбергит — маложелезистая разновидность клинохлора 308  
 Лейцит ( $\alpha$ ) 164  
 Лейцит ( $\beta$ ) 164, 255, 279  
 Лёллингит  $\text{FeAs}_2$  71  
 Ленгебахит — листоватый, тв. 1. Очень редкий 319, 324  
 Леонгардит = ломонит  
 Леонит — редкий. Встречается в соляных месторождениях 314  
 Лепидокрокит 99  
 Лепидолит 148, 245, 277  
 Лепидомелан 281, 313  
 Лепидофенит = лампадит  
 Лептохлориты — богатые железом разновидности хлоритов  
 Лессингит 329  
 Леттсомит = цианотрихит 212  
 Лешательерит  $\text{SiO}_2$  — природное кварцевое стекло, образуется, в частности, в результате сплавления кварцевого песка при грозových разрядах  
 Либенит 195  
 Либигит = ураноталлит  
 Ливейнгит — очень редкий 319  
 Ливнианит = лешательерит из Ливийской пустыни  
 Ливингстонит — очень редкий 322  
 Лиеврит = ильванит 131  
 Лиллианит — очень редкий 311  
 Лимонит = гидротетит  
 Линарит 206, 273  
 Линдгренигит — редкий 317, 318  
 Линдокит = эвксенит 321  
 Линдстрёмит 305  
 Линнеит  $\text{Co}_3\text{S}_4$  315  
 Листоватый авгит = диаллаг 138  
 Литаргит  $\text{PbO}$  — красный в отличие от массикота  $\text{PbO}$  желтого цвета  
 Литиоамфибол = литиевый амфибол  
 Литиевый псиломелан = литиофорит  
 Литионит = лепидолит  
 Литиофиллит 190, 241, 242  
 Ловенит 330  
 Ловозерит 330  
 Ловчоррит 132, 236  
 Лозейгит  $(\text{Mn}, \text{Zn})_7(\text{OH})_{10}[\text{CO}_3]_2$   
 Ломоносавит — богатая фосфором разновидность мурманита  
 Ломонит — относится к группе цеолитов 277  
 Лондокит 313  
 Лопарит 105, 250  
 Лопецит  $\text{K}_2[\text{Cr}_2\text{O}_7]$   
 Лорандит — содержит Tl до 59,7%. Очень редкий 319  
 Лоранскит — минерал пегматитов 321  
 Лоренценит — цирконийсодержащая разновидность рамазита  
 Лотрит = пумпеллит

Луннит — собирательное название дигидрита, элита и фосфорхальцита  
 Лунный камень — кислый плагиоклаз, чаще кали-натриевый полевой шпат с характерным нежно-синеватым отливом на плоскостях спайности.  
 Лучистая цинковая обманка = вюрцит **56**  
 Льюизит — очень редкий **325**  
 Льюистонит — апатит с незначительным содержанием  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$   
 Любекит = лампадит  
 Люблинит — атласный шпат  
 Людвигит **186**  
 Люкит — мелантерит с изоморфной примесью Mn  
 Люсакит — никель- и кобальтсодержащая разновидность ставролита  
 Люссатит = кварцин  
 Лютецит — разность халцедона с косым углом угасания (до  $20^\circ$ ) относительно удлинения волокон  
 Ляпис-лазурь = лазурит **166**

## М

Мавинит — минерал, промежуточный между хлоритом и ксантофиллитом  
 Магемит  $\gamma$  —  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — магнитная модификация гематита **313**  
 Магнезиальная селитра = нитромагнетит  
 Магнезиальные квасцы = пиккерингит **211**  
 Магнезиальный шпат = магнетит  
 Магнезиобейделлит — магнийсодержащий бейделлит  
 Магнезиобутит — бутит, содержащий магний  
 Магнезиоортит — очень редкий **329**  
 Магнезиоферрит — разновидность магнетита **308**  
 Магнезиохромит = магнохромит  
 Магнетит **174, 236, 247, 267**  
 Магнетит **102, 232, 290**  
 Магнетоильменит — смесь ильменита с магнетитом  
 Магнитный железняк = магнетит **102**  
 Магнитный колчедан = пирротин **69**  
 Магнобейделлит = магнезиобейделлит  
 Магнобутит = купромагнетит  
 Магнолудвигит  $\text{Mg}_2\text{Fe} \cdot \text{BO}_5$   
 Магномагнетит **313**  
 Магнотрифилит = трифилит, богатый магнием  
 Магноферрит = магнезиоферрит  
 Магнофорит — щелочная роговая обманка, близкая к катафориту, но с меньшим содержанием железа  
 Магнохалькантит — халькантит с примесью магния  
 Магнохромит (Mg, Fe)  $\text{Cr}_2\text{O}_4$   
 Майерсит **324**  
 Макинтошит **326**  
 Маккензит — конечный железистый член группы хлоритов  
 Маконит = гидромусковит

Малакон — разновидность циркона, богатая  $\text{H}_2\text{O}$ , U, Th и Hf **123**  
 Малахит **180, 236, 238, 244, 268**  
 Малиновскит — Pb-содержащая разновидность блеклой руды, вероятно, смесь **52**  
 Маллардит — редкий **317**  
 Мальдонит **38**  
 Манганаксинит — богатый марганцем аксинит  
 Манганандалузит — марганецсодержащий андалузит (до 7%  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ )  
 Манганантгорит — богатая MnO разновидность экманита  
 Манганопатит — содержит до 11% MnO **317**  
 Мангангеденбергит — марганецсодержащий геденбергит (до 7% MnO)  
 Мангандиаспор — марганецсодержащий диаспор **83**  
 Манганоломит = манганокальцит **176**  
 Манганидокраз — марганцевый везувиан  
 Манганильменит (содержит до 16% MnO)  
 Манганит **97, 242, 292**  
 Манганмагнетит — марганецсодержащая разность магнетита (до 8% MnO)  
 Манганниобит — разновидность ниобита (колумбита) с преобладанием марганца  
 Манганобрусит **81**  
 Манганозит — редкий, минерал контактово-метасоматических месторождений марганца **316**  
 Манганоильменит — содержит до 16% MnO  
 Манганокальцит — содержит 5—27% MnO **317**  
 Манганомелан — общее название черных аморфных осадков от землестых типа валдов до плотных псиломеланов  
 Манганостибнит **325**  
 Манганофиллит  $\text{K}(\text{Mn}, \text{Fe})_3(\text{OH})_2[\text{Si}_3\text{FeO}_{10}]$ . Из группы слюд. Содержит до 21% MnO  
 Мангансиклерит = сиклерит  
 Мангантанталит — танталит с большим преобладанием марганца над железом  
 Манганфаялит — фаялит, содержащий до 9% MnO  
 Манганфлогопит — флогопит с содержанием до 18% MnO  
 Манганхлорит — марганецсодержащий пеннин  
 Манганэпидот — богатая Mn<sup>+++</sup> и частично Mn<sup>++</sup> разновидность пьомонтита  
 Мансоит — фторсодержащий диоксид  
 Маншётт = мансоит  
 Марганцевая пена **98**  
 Марганцевые квасцы = апджонит  
 Марганцевый апатит = манганопатит  
 Марганцевый шпат-родохрозит **175**  
 Марганцевый флогопит = манганфлогопит  
 Марганцовистый кальцит = манганокальцит

- Маргарит 149, 241, 247  
 Маргародит — так была названа талько-  
 подобная слюда из Циллерталя, отно-  
 сится к гидромусковитам  
 Мариалит 167  
 Мариньякит — псевдоморфозы по пиро-  
 хлору 320  
 Марипозит — хромистая (до 0,8%  
 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) разновидность фенгита  
 Марказит 70, 235, 273, 325  
 Марматит 58  
 Марсятскит — марганцовистый глауко-  
 нит  
 Мартит 99  
 Маршалит — тонкопорошковатый муч-  
 нистый кварц  
 Массикот 92  
 Масюйит — водный уранат свинца  
 Матильдит 311, 324  
 Маухерит 320  
 Мауцелит — очень редкий 325  
 Мауцелиит = мауцелит  
 Махадевит — слюда, промежуточная  
 между флогопитом и мусковитом  
 Меджидит 328  
 Медзянкит — тонкая смесь зандбергита  
 с мусковитом  
 Медистая платина 45  
 Медистое золото 38  
 Медистое серебро 37  
 Медная зелень = малахит 180  
 Медная лазурь = азурит 181  
 Медная синь = азурит 181  
 Медная слюдка = халькофиллит  
 Медная урановая слюдка = торбернит  
 Медное индиго = ковеллин 49  
 Медные цветы = халькотрихит  
 Медный блеск = халькозин 49  
 Медный изумруд = аширит  
 Медный колчедан = халькопирит 50  
 Медный купорос = халькантит 210  
 Медный псиломелан = лампадит  
 Медный уранит = торбернит  
 Медовый камень = меллит  
 Медь самородная 36, 234, 283  
 Мезитит — брейнерит, содержащий 30—  
 50%  $\text{FeCO}_3$  175  
 Мезодиалит 136  
 Мезолит 170, 308  
 Меймакит = меймацит 94, 216, 294  
 Меймацит 94  
 Мейонит 167  
 Мел = кальцит 239  
 Мелаконит 80  
 Меланит 122  
 Меланованадит — очень гигроскопичен  
 311  
 Меланотекит 323  
 Меланохроит = фёницит 214  
 Меланоцерит — очень редкий 313  
 Мелантерит 210, 237, 273  
 Медилит  $(\text{Ca}, \text{Na})_2 [(\text{Mg}, \text{Al}) (\text{Si}, \text{Al})_2 \text{O}_7]$ .  
 Встречается в базальтах  
 Мелинофан = мелифанит  
 Мелифанит — очень редкий 310  
 Меллит 219  
 Мелонит 320  
 Мельниковит — скрытокристаллическая  
 землистая разность черного цвета,  
 имеющая структуру марказита, воз-  
 можно пирита  
 Менделеевит 107, 321  
 Мендоцит 211  
 Мендипит 227  
 Менегинит 63, 322.  
 Мероксен — так называется по Чермаку  
 разновидность биотита, относящаяся  
 к слюдам 2-го рода  
 Метагаллуазит 156  
 Метагидроборацит = индерборит  
 Метаксит — грубоволокнистый серпен-  
 тин 153  
 Метароссит 311  
 Метастибнит  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  — скрытокристалли-  
 ческий, в виде корочек красного цве-  
 та  
 Метатанталат Al, Ca, Mg — минерал из  
 группы тапиолита  
 Метаторбернит 328  
 Метаклорит — богатая  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  раз-  
 ность прохлорита  
 Метакьюэтит — отличается от кьюэтита  
 по оптическим свойствам  
 Метациннабарит 60  
 Метеоритное железо 44  
 Миаргирит 324  
 Миерсит = майерсит  
 Микроклин 162, 279  
 Микролит 106  
 Микропертит — микроскопическое прора-  
 щивание ортоклаза альбитом  
 Миксит 312  
 Миларит — в структуре установлены  
 Н. В. Беловым двойные шестерные  
 кольца 310  
 Миллерит 74, 232, 234, 274  
 Миллошит — каолиноподобный минерал,  
 близкий к волконскоиту  
 Миметезит 194, 243, 288  
 Минасрагрит 311  
 Миндигит = стениерит 206, 239, 269  
 Минервит = тарапацит  
 Миниум  $\text{Pb}_3\text{O}_4$   
 Мирабилит 206, 239, 269  
 Миспикель = арсенопирит  
 Митридатит 306  
 Мицзонит 167  
 Моддерит 315  
 Мозандрит — из пегматитов щелочных  
 пород 329  
 Мозезит 322  
 Моленграфит = лампрофиллит  
 Молибденит 67, 232, 274  
 Молибденовая охра = ферримолибдит 94  
 Молибденовый блеск = молибденит 67  
 Молибдит = ферримолибдит, прежде рас-  
 сматривался как  $\text{MoO}_3$  94  
 Молибдоменит — слабо изученный селе-  
 нит свинца 323  
 Молибдосодалит — содалит, содержа-  
 щий  $\text{MoO}_3$

Молибдошеелит — разновидность шеелита, содержащая  $\text{MoO}_3$   
 Моллит = лазулит  
 Монацит 191, 252, 295  
 Монгеймит — часто содержит  $\text{MnO}$  до 10% 330  
 Монимолит 325  
 Монотермит — близко стоит к каолиниту, от которого отличается отсутствием экзотермического эффекта (при 1000°) на кривой нагревания  
 Монтанит 312  
 Монтепонит — очень редкий 314  
 Монтichelлит 121  
 Монтмориллонит 157  
 Монтроидит  $\text{HgO}$ . Очень редкий. Цвет темно-оранжевый до красного 322  
 Морденит  $(\text{Ca}, \text{Na}_2, \text{K}_2) [\text{Al}_2\text{Si}_9\text{O}_{22}] \times 6\text{H}_2\text{O}$ . Цвет белый. Встречается иногда в кристаллах исландского шпата  
 Моренозит 210  
 Моренсит — близок к нонтрониту, волокнистый  
 Моррион 89  
 Морская пенка = сепиолит  
 Моссит 106  
 Моттрамит 311  
 Мошелландсбергит — серебряная амальгама состава  $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$  или  $\text{Ag}_3\text{Hg}_4$   
 Моховик 89  
 Муассанит  $\text{SiC}$  — встречается в виде мелких гексагональных табличек в метеоритах. Тв. 9,5  
 Муллит  $\text{Al}_4[\text{Al}_4(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{19}(\text{F}, \frac{1}{2}\text{O}, \text{OH})]$ . Ромб. с. Встречается в лавах и получается искусственным путем  
 Мурманит 245  
 Муромонит — ортит, содержащий до 3,8%  $\text{BeO}$   
 Мусковит 147, 246, 282  
 Мутманнит — очень редкий 313  
 Мушкетовит — псевдоморфозы магнетита по пластинчатым кристаллам гематита  
 Мыльный камень = сапонит  
 Мышьяк самородный 41, 231, 233, 285  
 Мышьяковистая блеклая руда — теннантит  
 Мышьяковые цветы = арсенолит  
 Мышьяковый колчедан = арсенопирит  
 Мюллерит = нонтронит

## Н

Нагателит — очень редкий 329  
 Нагаигит 57  
 Надорит 325  
 Наждак 82  
 Накрит 155, 238  
 Намаквалит — пироаурит с заменой магния медью  
 Настуран 95, 327  
 Натриевая селитра 184  
 Натриевые квасцы = мендоцит 211  
 Натрит = сода 183

Натроалунит — алунит с замещением в нем до 50% калия натрием  
 Натроамблигонит = фремонит  
 Натробитотит — битит, содержащий до 5%  $\text{Na}_2\text{O}$   
 Натроборокальцит = боронатрокальцит = улексит  
 Натровый опал — возможно, содержит виллиомит  
 Натрокальцит = гейлюссит 183  
 Натролит 169, 248, 276  
 Натромаргарит = эфесит  
 Натрон = сода  
 Натронмонтебразит = фремонит  
 Натронортоклаз  $(\text{Na}, \text{K}) [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$   
 Натронсанидин  $(\text{Na}, \text{K}) [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$  — встречается в трахитах  
 Натрофилит 317  
 Натроярозит 205  
 Науманит — макроскопически не отличим от клаусталита и тиманита 323  
 Нашатырь 224, 236, 239, 240, 285  
 Наэгит — циркон, содержащий  $\text{Nb}$  и  $\text{Ta}$  123  
 Невьянскит 45  
 Немалит 81, 240  
 Неодигенит — кубический халькозин  
 Неоколеманит = колеманит  
 Неотанталит — одна из разновидностей пирохлора (измененный микролит) 320  
 Неотокит — коллоидный продукт выветривания родонита  
 Непуит 153  
 Нефелин 165, 251, 253, 256, 276  
 Нефрит 143, 249  
 Нивенит — уранинит, содержащий редкие земли (до 12%) 95, 327  
 Нигрин 85  
 Никелево-мышьяковый блеск = герсдорфит  
 Никелево-сурьмяный блеск = ульманит  
 Никелевые цветы = аннабергит 198  
 Никелевый блеск = герсдорфит 73  
 Никелевый изумруд = заратит 184  
 Никелевый колчедан = никелин  
 Никелевый купорос = моренозит 210  
 Никелевый скуттерудит  $\text{NiAs}_3$   
 Никелин 74, 234  
 Никелистое железо = камасит, тэнит  
 Никелистая платина — самородная платина с примесью до 3,8% никеля 322  
 Никельасбест — разновидность хризотиласбеста  
 Никельгимнит (?) — коллоидный гидросиликат никеля, близкий к ревдинскому или гарниериту  
 Никельмелантерит — мелантерит, обогащенный никелем  
 Никельсепиолит — сепиолит, содержащий никель  
 Никельскуттерудит 315  
 Никельэпсомит — никельсодержащий эпсомит  
 Николит = никелин  
 Ниобит = колумбит  
 Нитробарит 310

Нихольсонит — цинк содержащий арагонит  
 Ногизавалит — фосфатосиликат редких земель, Zr, Al, Fe, Ca, Mg  
 Нозеан 166, 248  
 Нонтронит 157  
 Норбергит 121, 316  
 Норденшильдит 187, 321  
 Нордмаркит — марганцевая разновидность ставролита  
 Норильскит (Pt, Fe, Ni) с примесью меди и палладия. Смесь (?)  
 Норманнит 312  
 Нумеит = гарниерит  
 Ньютонит = алунит  
 Нюсьерит — пироморфит, содержащий до 4%  $As_2O_5$

## О

Обыкновенная роговая обманка 143  
 Обыкновенный авгит = авгит  
 Овихит 324  
 Огненный опал 283  
 Озаннит — из группы щелочных амфиболов, стоит между рибекитом и арфведсонитом  
 Озокерит 284  
 Окерманит  $Ca_2[Al_2SiO_7] \cdot Ca[MgSi_2O_7]$  — искусственный продукт, упоминается в минералогии как конечный член изоморфного ряда геленит — мелилит — (окерманит)  
 Оксаммит 218  
 Оксикерченит 306  
 Оксимагнетит = маггемит  
 Октаэдрит = анатаз 86  
 Октибегит — разновидность метеорного богатого никелем железа, содержащая 60—77% Ni  
 Оливенит 195, 288  
 Оливин 120, 252, 275  
 Олигоклаз 159  
 Оллахерит = эллахерит. — барийсодержащий мусковит  
 Олово самородное Sn — очень редкое 321  
 Оловянный камень = касситерит 91  
 Оловянный колчедан = станнин 60  
 Ольдгамит CaS — в метеоритах  
 Омфациит — содержащий  $Na_2O$  диопсид  
 Ондрейит — силикокарбонат Na, C, Mg. Мало изучен  
 Онегит = гётит  
 Оникс — агат грубослоистый 89  
 Оникс арагонитовый 178  
 Оникс кальцитовый 174  
 Онкозин — скрыточешуйчатые массы серицита с шелковистым блеском  
 Оннеродит 321  
 Опал 90, 249  
 Опока 91  
 Оптический флюорит 222  
 Оранжит = торит 123  
 Ориентит  $Ca_4Mn_4[SiO_4]_5 \cdot 4H_2O$ . Очень редкий

Орлец = родонит 141  
 Ортит 131, 250, 276  
 Ортоклаз 161, 256, 279  
 Ортохлориты 151  
 Осборнит TiN — встречается в метеорите из Бюсти в Индии  
 Осмирид (Ir, Os), куб. с. в отличие от осмистого иридия гекс. с. 322  
 Осмистый иридий 45, 284  
 Отавит 314  
 Отёнит = отунит  
 Оттрелит — близок к хлоритоиду, содержит до 8% MnO  
 Отунит 197, 243, 286, 294  
 Отэнит-отунит  
 Офит 152  
 Охролит — сходен с надоритом 325  
 Оямалит — разновидность циркона, содержащая  $P_2O_5$  (до 4%) и редкие земли (до 16%)

## П

Пагодит = агальматолит (плотный пиррофиллит)  
 Палладий Pd. Очень редкий. Встречался в россыпях  
 Палладинит = палладит  
 Палладистая платина 45  
 Палладистое золото = порпецит  
 Палладит 323  
 Пальгорскит 153  
 Пандермит 189  
 Папиршпат 174  
 Параалуминит — близок к фельшёбанииту, отличается несколько большим содержанием воды  
 Паравиванит — разновидность вивианита, содержащая Mg и Mn  
 Параволластонит — моноклинная модификация волластонита  
 Парагонит 147, 246  
 Парагопепт 330  
 Парагуанахуатит  $Bi_2Se_3$  — параморфоза триг. с. по ромбическому гуанахуатиту  
 Паралуминит 213  
 Парараммельсбергит  $NiAs_2$  — отличается от раммельсбергита по структуре 318  
 Паратенорит CuO — тетрагональной сингонии в отличие от тенорита; возможно = парамелаконит  
 Паразельзиан — отличается от цельзиана по структуре (псевдоромбическая)  
 Паргасит = кокшаровит — амфибол, богатый  $Al_2O_3$  синевато-зеленого и серовато-черного цвета  
 Паризит 181  
 Паркерит — очень редкий 320  
 Парсонит = парсонсит  
 Парсонсит 328  
 Партриджейт — разновидность браунита с большим содержанием  $Fe_2O_3$  (до 10% и выше)  
 Паскоит — очень редкий 311  
 Патерноит  $MgV_3O_{13} \cdot 4H_2O$   
 Патринит = айкинит 64

- Патронит 311  
 Пахнолит 223  
 Пектолит 141  
 Пеликанит — смесь каолинита и опала  
 Пённаит — хлоро-цирконо-титаносиликат, близок к розенбушиту  
 Пеннин 151, 246  
 Пенрозеит — очень редкий 320  
 Пентландит 75, 234  
 Пенфильдит 323  
 Перидот = оливин  
 Периклаз 81  
 Перловая слюда = маргарит  
 Перовскит 103, 250, 294  
 Пертит 161  
 Пестрая медная руда = борнит 51  
 Петалит 165, 257  
 Петцит 313, 323, 326  
 Печенковая обманка — скрытокристаллическая разность сфалерита 58  
 Печенковая руда 59  
 Пижонит (Ca, Mg) (Mg, Fe) [Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>] — относится к группе моноклинных пироксенов  
 Пизанит 210  
 Пиккерингит 211  
 Пикотит — промежуточный между хромитом и шпинелью (Mg, Fe) (Al, Cr, Fe)<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 101  
 Пикроамозит — амозит с преобладанием Mg  
 Пикроильменит — ильменит, богатый магнием 105  
 Пикролит 153  
 Пикромерит = шёнит  
 Пикротефроит 121  
 Пикрохромит = магнохромит  
 Пикроэпидот — эпидот, богатый MgO  
 Пиларит — хризоколла, содержащая до 17% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
 Пилолиты — разности палыгорскита, бедные Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и богатые MgO  
 Пильзенит = верлит  
 Пинакиолит — марганцевый людовигит 186  
 Пинит — плотный мусковит, псевдоморфоза по кордиериту  
 Пинквит = нонтронит  
 Пинноит Mg[BO<sub>2</sub>]<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O. Редкий. Известен в Стассфуртском месторождении солей  
 Пинтадоит — редкий 311  
 Пиральмандин — гранат, промежуточный между пиропом и альмандином  
 Пирандин = пиральмандин  
 Пираргирит 55, 240, 271  
 Пирит 69, 235, 273  
 Пироаурит 316  
 Пиробелонит 311  
 Пироксены 137  
 Пироксмангит 317  
 Пиролозит 96, 231, 232, 292  
 Пироморфит 194, 242, 244, 289  
 Пироп 122, 276  
 Пиростибит = кермесит  
 Пиростильпнит 324  
 Пирофанит 326  
 Пирофизалит — разновидность топаза, насыщенная газово-жидкими включениями, вслучивается при нагревании  
 Пирофиллит 144, 243, 246, 282  
 Пирохлор 106, 243, 291  
 Пирохроит — по структуре и ряду свойств сходен с бруситом 316  
 Пиррит = пирохлор  
 Пирротин 69, 234, 273  
 Пирсеит 318, 324  
 Писекит 321  
 Пистацит = эпидот  
 Пистомезит — разновидность брейнерита, содержит 50—70% FeCO<sub>3</sub>  
 Письменная руда = сильванит 57  
 Питтцит — частично разрушенный, гидролизированный скородит 235  
 Плавиновый шпат = флюорит 221  
 Плагиоклазы 159  
 Плагионит — очень редкий 322  
 Плазма — зеленый халцедон  
 Плазолит Ca<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>[SiO<sub>4</sub>]<sub>2</sub>[OH]<sub>4</sub>  
 Платина 44, 233, 283  
 Платинистый иридий (Ir, Pt). Очень редкий. Обладает наибольшим удельным весом, до 22,9 322  
 Платинит — очень редкий. Содержит до 20% Se 312  
 Платтнерит 92  
 Плеонаст 101, 251  
 Плеонектит — миметезит, содержащий примесь Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 Плюмбаорагонит — арагонит, содержащий до 6,5% PbO  
 Плюмбакальцит — кальцит с примесью Pb  
 Плюмбониобит — вероятно, идентичен с самарскитом 321, 327  
 Плюмбостибит = буланжерит  
 Плюмбоферрит 323  
 Плюмбаюрозит 205  
 Плюмосит 63  
 Поваренная соль = галит  
 Повеллит 215, 294  
 Подолит Ca<sub>10</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>[PO<sub>4</sub>]<sub>6</sub>  
 Полевые шпаты 159, 255, 257, 278  
 Полиадельфит 122  
 Полианит = пиролюзит 292  
 Полиаргирит — очень редкий 324  
 Полибазит 56, 232  
 Полигалит 207, 240, 270  
 Полидимит 320  
 Полиирвингит — лепидолит с отношением SiO<sub>2</sub>:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=9:1  
 Поликраз 313  
 Поликсен 44  
 Полилитнионит — разность лепидолита, наиболее богатая литием и фтором  
 Полимигнит — состав непостоянный 313  
 Полисферит — разновидность пироморфита в виде бугристых агрегатов  
 Поллукс = поллуцит 164  
 Поллуцит 164  
 Полуопал 91

- Порпепцит — палладистое золото, содержит 5—11% Pd 322  
 Потарит PdHg — был найден в алмазных россыпях Британской Гвианы 322  
 Празем — зеленый кварц; пронизан игло-  
 лочками актинолита  
 Пренит 149, 249, 282  
 Призматин — разновидность корнеру-  
 пина, содержащая FeO  
 Приорит 108  
 Прицеит = пандермит  
 Прозопит — редкий 223  
 Прохлорит 151, 238  
 Прустит 55, 241, 270  
 Пришбрамит — сфалерит, содержащий  
 до 5% Cd  
 Псевдоволластонит — псевдогексаго-  
 нальная модификация волластонита,  
 в которую переходит обычный вол-  
 ластонит при  $t > 1200^\circ$   
 Псевдогетерозит = сиклерит  
 Псевдоглаукофан — глаукофан, отличаю-  
 щийся положением плоскости оптиче-  
 ских осей ( $NgNp \perp O10$ )  
 Псевдолейцит = анальцим  
 Псевдомалахит 236, 293  
 Псевдотриплит — богатая железом раз-  
 ность триплита  
 Псевдотрифилит = гетерозит  
 Псиломелан 97, 232, 233, 292  
 Птилолит = морденит  
 Пумпеллит — похож по свойствам на  
 цоизит и, возможно, нередко за него  
 принимается 315  
 Пурпурит 317  
 Пуфалит 321  
 Пухерит 311  
 Пушкинит — эпидот темно-зеленого цве-  
 та, иногда в виде хорошо образова-  
 нных кристаллов, отличается резко вы-  
 раженным плеохроизмом и содержа-  
 нием щелочей ( $Na_2O$  и  $Li_2O$ )  
 Пьемонтит — относится к группе эпи-  
 дота, розового цвета 317
- Р**
- Рабдофанит 329  
 Рагит (?) 312  
 Радиокальцит — кальцит, содержащий  
 радий  
 Радиолит — лучистые агрегаты натро-  
 лита  
 Радиофлюорит — флюорит, содержащий  
 радий 222  
 Рамдорит = андорит 324  
 Рамзаит 326  
 Раммельсбергит 320  
 Рамсделлит  $MnO_2$  — ромб. с., в отличие  
 от тетрагонального пиролюзита того  
 же состава  
 Рансбейт — кальциевый псиломелан 316  
 Распит — редкий 217  
 Ратит — очень редкий 319  
 Ратовкит 222
- Раувит 311  
 Раухтопаз — дымчатый кварц  
 Рашлеит — железистая разновидность  
 бирюзы, содержание железа близко  
 к содержанию алюминия  
 Реальгар 64, 237, 240, 270  
 Ревдинскит 153, 238  
 Реддингит 317  
 Редингтонит 328  
 Редонит — аморфный варисцит  
 Редрутит = халькозин  
 Резерфордин = ретзерфордит  
 Рейнит 218  
 Рейхардит = эпсомит  
 Ремерит 313  
 Ренардит 328  
 Рёнит — бедная щелочами разновид-  
 ность энigmatита  
 Реньерит (Cu, Fe, Ge) S  
 Репоссит = графтонит  
 Ретзерфордит 327  
 Рётгерсит 320  
 Рётгизит — безжелезистая разновидность  
 никелевого хлорита (шухардита)  
 Ретцианит 314  
 Рецбаниит 312  
 Рибекит 144  
 Ридмеджерит 310  
 Ризорит 109  
 Рикардит 326  
 Ринкит 329  
 Ринколит 132  
 Рихтерит 144  
 Роговая обманка 143, 250, 277  
 Роговая свинцовая руда = фосгенит 182  
 Роговики 90  
 Роговое серебро = хлораргирит = керар-  
 гирит 225  
 Роговообманковый асбест = амфибол-  
 асбест  
 Роджерсит 321  
 Родиевый невяньскит (Ir, Os, Rh), со-  
 держит 11% Rh  
 Родистая платина 45  
 Родицит 328  
 Родолит — железистый пироп  
 Родонит 141, 251, 277  
 Родохрозит 175, 241, 268  
 Родохром = кеммерерит  
 Родусит — железистая асбестовидная  
 разновидность глаукофана  
 Розазит — по свойствам и виду напо-  
 минает малахит, но значительно бо-  
 лее редкий 317  
 Розелит 315  
 Розенбушит 330  
 Розовый кварц 89  
 Романешит 316  
 Ромбические пироксены 137, 255  
 Ромбоклаз  $Fe^{2+}H[SO_4]_2 \cdot 4H_2O$   
 Ромбоклазит = ромбоклаз  
 Ромеит 325  
 Роскоэлит — относится к слюдам 311  
 Россит 311  
 Ростерит — щелочсодержащая разно-  
 видность берилла 133

Роуландит — очень редкий 314, 329  
Ртуть самородная 38, 231, 285  
Рубеллан — продукт разрушения биотита  
Рубеллит 135  
Рубин 82  
Рубиновая обманка — красная прозрачная разновидность сфалерита  
Рубиновая слюдка = лепидокрокит 99  
Рубиновая шпинель — красная магнезиальная шпинель  
Рузвельтит  $\text{BiAsO}_4$   
Румянцовит — гессонит бурого цвета, плотный 122  
Русселит — очень редкий 312  
Рутениевый невьянскит (Ir, Os, Ru)  
Рутениевый сыертскит (Os, Ir, Ru)  
Рутил 84, 253, 293

### С

Сагенит 85  
Салент 328  
Салит  $\text{Ca}(\text{Mg, Fe})[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Разновидность геденбергита  
Сальмонсит  $\text{Mn}_9^{++} \text{Fe}_2^{+++} [\text{Po}_4]_8 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$   
Самарскит 110, 250, 291  
Самиресит — разновидность бетафита, отличающаяся высоким содержанием  $\text{PbO}$  (9,35%) 107  
Самсонит — очень редкий 324  
Санборнит 309  
Санидин 162  
Санфардит = рикардит  
Сапонит 156  
Сапфир 82  
Сапфирир  $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{O}_6[\text{SiO}_4]$  127  
Сапфирир — синеватый халцедон 82  
Сардер — халцедон бурого цвета  
Сардоникс — агат, в котором имеются бурые и красные полосы  
Сарторит — очень редкий 319, 322  
Сассолин 82, 295  
Саффорит — по виду напоминает арсенипирит 315, 318  
Сванбергит 324  
Сведенборгит 310, 325  
Светлый осмистый иридий = невьянскит  
Свинец самородный Pb. Очень редкий  
Свинцовый блеск = галенит 61  
Свинцовый псиломелан = квенселит  
Свинчак — плотный тонкозернистый галенит  
Селадонит — близок к глаукониту  
Селен Se 323  
Селенистая сера — содержит до 5% Se 43  
Селенистый теллур (Te, Se) 323  
Селенит — плотный жилковатый гипс 209  
Селенобисмутит — гуанахуатит  
Селенозигенит — разновидность зигенита, содержащая около 12% Se  
Селенолиннеит 315  
Селитры 184, 236, 239, 240, 285  
Селлаит 315  
Семсеит 322, 325  
Сенармонтит 93, 246  
Сенгнерит = сенджерит 328  
Сепиолит 304, 316  
Сера самородная ( $\alpha$ -сера) 43, 235, 237, 243, 269, 284  
Сервантит 93  
Сердолик 89  
Серебристая медь — медь, содержащая тонкую примесь самородного серебра  
Серебристое золото 38  
Серебро самородное 36, 231, 233, 283  
Серебряная амальгама 38, 233  
Серебряная чернь — порошковатая разновидность аргентита  
Серебряный блеск = аргентит 53  
Серебряный колчедан = штернбергит 54  
Серендибит 310  
Серицит 147, 238, 243, 245  
Серная кислота 96  
Сернистый газ 96  
Серный колчедан = пирит 69  
Сереводород  $\text{H}_2\text{S}$  — обычно встречается в смеси с другими газами 48  
Сerpентин 152, 235, 281  
Серпофит = офит 152  
Сидерит 176, 242, 268  
Сидеродот — разновидность анкерита, не содержащая Mg  
Сидероплезит — разновидность брейнерита со значительным, иногда очень большим преобладанием  $\text{FeCO}_3$   
Сидерофиллит — чисто железистая разновидность лепидомелана  
Сиклерит 315  
Силезит 321  
Силлениит — кубическая модификация  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  в отличие от моноклинного бисмита 312  
Силлиманит 136, 255, 279  
Сильванит 57, 232  
Сильвин 224, 248, 287  
Сильвинит 307  
Симплезит 319  
Симпсонит — очень редкий 321  
Синкозит 311  
Синхизит 329  
Синяя шпинель — содержит немного  $\text{Fe}^{+++}$  и  $\text{Cr}^{+++}$   
Сипилит = фергюсонит 109  
Сисмондит — хлоритид, богатый MgO  
Скаполиты 167, 255, 256, 278  
Склодовскит 124  
Скогбелит 321  
Сколечит 169, 277  
Сколит — близок к глаукониту  
Скорлуповатая обманка 58  
Скородит 198, 239, 244, 291  
Скупит 95  
Скutterудит  $\text{CoAs}_3$  315  
Слюды 145  
Смальтин = шмальтин  
Смарагдит — тонкая листовидная разновидность амфибола, близкая к актинолиту, содержащая немного  $\text{Al}_2\text{O}_3$   
Смешанные блеклые руды 52

Смикит 317  
 Смитит 319  
 Смитсонит 175, 236, 268  
 Смоляная медная руда 80, 292  
 Смоляная урановая руда=уранинит  
 Собралит=пироксмангит  
 Сода 183, 237, 239, 267  
 Содалит 166, 254, 276  
 Содниит 124  
 Соколиный глаз 144  
 Соконит 157  
 Солнечный камень — плагиоклаз с проникающими в него чешуйками гемата или слюды  
 Соммайрит — богатая цинком разновидность мелантерита  
 Сомольнокит  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Редкий  
 Соссюрит — тонкий продукт изменения полевых шпатов, состоящий главным образом из доизита  
 Спекулярит 98  
 Сперрилит 75, 234  
 Спессартин 122, 251, 275  
 Сподумен 139, 254, 277  
 Спуррит=спёррит  
 Ссабелеит=ашарит  
 Ставролит 126, 253, 280  
 Станнин 60, 233  
 Станнопалладинит — содержит до 20% Sn 322  
 Стеатит 144  
 Стеклообразная голова, бурая — натечный гётит, часто жилковатого сложения с блестящей темно-бурой до черной поверхностью  
 Стеклообразная голова, красная — натечный гематит, часто жилковатого сложения с блестящей черной поверхностью  
 Стениерит — очень редкий 315  
 Стенструпин — минерал щелочной магмы 329  
 Стефанит 56, 232  
 Стибиконит 94  
 Стибиоколумбит 109  
 Стибиониобит=стибиоколумбит  
 Стибиопалладинит 322  
 Стибиотанталит 109  
 Стиблит=стибиконит  
 Стибнит=антимонит 65  
 Стилотипит — очень редкий 324  
 Стилеит 329  
 Стильбит=десмин 171  
 Стильпноисидерит — разновидность лимонита, богатая  $\text{P}_2\text{O}_5$   
 Стипельманит — иттрийсодержащая разновидность флоренсита  
 Стихтит — редкий. Встречается в виде смолоподобных и чешуйчатых масс фиолетового цвета 328  
 Стишовит  $\text{SiO}_2$ , тетр. с.  
 Стокезит 142  
 Стриговит — относится к группе хлоритов  
 Строгановит 168  
 Стромейерит=штрмейерит  
 Стронцианит 178, 247, 266

Стронциоапатит — содержит до 10%  $\text{SrO}$  324  
 Стронциоарагонит — содержит до 5,6%  $\text{SrO}$   
 Стронциокальцит — кальцит, содержащий стронций  
 Струвит  $(\text{NH}_4)\text{Mg}[\text{PO}_4] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  — встречается в залежах гуано  
 Стрюверит  $(\text{Ti}, \text{Ta}, \text{Fe}^{\text{III}})\text{O}_2$ . Стрюверитом была названа также богатая  $\text{MgO}$  разновидность хлоритоида 85, 320  
 Стюартит 317  
 Сукцинит=янтарь  
 Сулинит — близок к монотермиту  
 Сульванит — редкий 311  
 Сульфатапатит=вилкеит  
 Сульфатканкринит — канкринит с дополнительным анионом  $\text{SO}_4$  166  
 Сульфоборит — редкий. Встречается вместе с боратами в некоторых соляных месторождениях 316  
 Сульфоканкринит=сульфатканкринит  
 Сурик=минимум 323  
 Сурьма самородная 42, 233, 285  
 Сурьмяная обманка=кермезит  
 Сурьмяная охра — собирательное название землестых продуктов окисления сурьмяного блеска 93, 94, 238  
 Сурьмянистая блеклая руда=тетраэдрит  
 Сурьмянистое серебро 37  
 Сурьмянистый мышьяк  $\text{AsSb}$   
 Сурьмяный блеск=антимонит 65  
 Суссексит 317  
 Суэзит — разновидность железистого никеля, аварунта  
 Сфалерит 57, 242, 243, 272  
 Сфен=титанит 127, 294  
 Сферокобальтит 176  
 Сферосидерит 176  
 Сцехениит — химически близок арфведсониту, от которого сильно отличается по оптическим свойствам  
 Сысертскит 45  
 Сюрсассит=манганэпидот

## Т

Табергит — чисто магнезиальная разновидность пеннинна  
 Тавмавит — хромсодержащий эпидот  
 Тагилит 318  
 Тайниоцит  $\text{KLiMg}_2\text{F}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$  — слюда  
 Таласкит — продукт частичного окисления фаялита; содержит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  наряду с  $\text{FeO}$   
 Таленит 129  
 Таллингит 228  
 Тальк 144, 243, 246, 282  
 Тальк-апатит — разложившийся апатит, содержит до 10%  $\text{MgO}$   
 Тальк-триплит — богатая магнием разновидность триплита  
 Тангейт=вольборит 311  
 Тантал самородный (?) 320  
 Танталит 106, 290

- Тантэвксенит 321  
 Тапиолит 106  
 Тарамеллит 309  
 Тарамит — разновидность гастингсита, отличается по оптическим константам  
 Тарапакаит 328  
 Тарбуттит 330  
 Тарновитцит = тарновичит 178  
 Тарновичит — арагонит, содержащий до 9%  $\text{PbCO}_3$  178  
 Тахидрит 228  
 Теаллит = тиллит  
 Тейлорит — известен в виде конкреций в отложениях гуано 314  
 Теллур самородный Те. Очень редкий 326  
 Теллуристое серебро = гессит  
 Теллуристый висмут = тетрадимит  
 Теллуристый свинец = алтаит  
 Теллурид  $\text{TeO}_2$  — продукт окисления самородного теллура или теллуристых соединений  
 Теллурическое железо 44  
 Теллуровисмутит 311, 326  
 Темный осмистый иридий = сысертскит  
 Тенардит 201, 239, 248, 269  
 Тенгерит 314  
 Теннантит 52, 270  
 Тенорит 80, 231, 292  
 Терлингуаит — очень редкий 322  
 Термонатрит 183, 267  
 Тернебомит 329  
 Терновскит — из группы амфиболов, разность, промежуточная между крокидолитом и родуситом  
 Тетрадимит 66, 232  
 Тетраздрит 52, 233  
 Тефроит 121  
 Тигровый глаз 144  
 Тиллит 321  
 Тиманит 322  
 Тинкал = бура 187  
 Тирит = фергюсонит  
 Тиродит — разновидность рихтерита, богатая  $\text{MgO}$   
 Тиролит 318  
 Титанавгит — авгит, содержащий до 5%  $\text{TiO}_2$   
 Титанбетафит — разновидность пироклора с 32—35%  $\text{TiO}_2$   
 Титанвезувиан — содержит до 4,7%  $\text{TiO}_2$   
 Титанистый гранат 122  
 Титанистый железняк = ильменит 104  
 Титанит 127, 242, 252, 253, 275  
 Титанклингоумит  $(\text{Mg}, \text{Ti})_9 (\text{OH}, \text{O})_2 [\text{SiO}_4]_4$   
 Титанловенит — разновидность ловенита, богатая  $\text{Ti}$  и  $\text{Mn}$   
 Титанобиотит — содержит до 12,5%  $\text{TiO}_2$   
 Титаногематит — гематит, содержащий  $\text{TiO}_2$  в виде твердого раствора  
 Титаноливин = титанклингоумит  
 Титаномagnetит — содержит  $\text{TiO}_2$  часто за счет ильменита 102  
 Титанфлогопит — флогопит, богатый  $\text{TiO}_2$   
 Тихвинит — минерал близкий к сванбергиту; встречен в пустотах среди бокситов Тихвинского месторождения  
 Тоддит — танталит, богатый ураном 321  
 Томсенолит — продукт разложения криолита 223  
 Томсонит 170, 277  
 Топаз 125, 251, 252, 254, 256, 278  
 Топазолит 122  
 Торбернит 196, 244, 293  
 Торендрикит — щелочной амфибол, относится к ряду глаукофанов  
 Торианит 87  
 Торит 123  
 Торогуммит — урансодержащая разновидность торита, богатая  $\text{H}_2\text{O}$  326  
 Торолит 110  
 Торонтунгсит 326  
 Торрит  $(\text{Mg}, \text{Mn}, \text{Zn})_7 (\text{OH})_{12} [\text{SO}_4] \times 4\text{H}_2\text{O}$   
 Тортвейтит 129  
 Треворит — очень редкий 320  
 Трётгерит 328  
 Тремолит 143, 257, 279  
 Тремолит-асбест 143  
 Трепел 91, 283  
 Трехманит = тречманит 319  
 Тречманит 324  
 Тридимит ( $\alpha$ ) 88  
 Тридимит ( $\beta$ ) 88  
 Тридимит ( $\gamma$ ) 88  
 Тримерит — очень редкий 310  
 Тринорит = ортит  
 Триплит 193, 241, 242  
 Трипугит — очень редкий 325  
 Тритомит 326  
 Трифилин 190, 245  
 Трифилит = трифилин  
 Троилит  $\text{FeS}$  — минерал метеоритов  
 Трона 183, 267  
 Троостит 119  
 Трустит = троостит  
 Тукстлит — диопсид-жадеит  
 Тулит 131  
 Тунгомелан — псиломелан, содержащий до 8%  $\text{WO}_3$   
 Тунгстенил (?) 68  
 Тунгстит 94, 238  
 Туранит 311  
 Турмалин 134, 251, 254, 255, 278, 280  
 Турьбит — смесь гётита и лимонита с гидрогематитом  
 Тухолит — асфальтоподобное вещество, содержащее  $\text{U}$ ,  $\text{Th}$ ,  $\text{Y}$  и др. 328  
 Тэниолит = тайниолит — в природных условиях редок; искусственная слюда  
 Тэнит 44  
 Тюрингит 151  
 Тюямунит 197, 238, 243  
 Тяжелая свинцовая руда = платтнерит  
 Тяжелый шпат = барит 203

## У

- Уазанит — смесь эпидота с анатазом из Бург д'Уазана во Франции  
 Уванит 311, 328  
 Уваровит 122  
 Увит — Mg-Ca турмалин  
 Угандит = бисмутотанталит  
 Углекислый газ 88  
 Узбекит 318  
 Улексит = боронатрокальцит 187  
 Ульманнит 320  
 Ульмит — почти чистая гуминовая кислота  
 Ульрихит = уранинит  
 Ультрабазит = диафорит  
 Ультрамарин = лазурит  
 Умангит 323  
 Уралит 143  
 Уралортит = ортит  
 Уранинит 95, 249, 250  
 Урановая охра 95  
 Урановая смолка = уранинит 95  
 Урановая смоляная руда = уранинит 95  
 Урановая чернь 95  
 Урановые слюдки: отэнит, торбернит, цейнерит и др. 196  
 Урановый купорос = иоганнит  
 Уранолепидит = ванденбрандеит  
 Уранониобит 95  
 Уранопилит 214  
 Уранопилит =  $\beta$  328  
 Ураноспинит — две модификации:  $\alpha$  — тетр. с. и  $\beta$  — ромб. с. 328  
 Ураносферит 312  
 Ураноталлит 327  
 Уранотил — ромб. с. 327  
 Уранотил ( $\beta$ ) — моноклинная модификация уранотила 124  
 Ураноторит — разновидность торита, содержащая до 16%  $U_3O_8$  124  
 Уранофан = уранотил 124  
 Уранохальцит = купроскладовскит  
 Ураноцирцит 310  
 Ураношпатит 328  
 Урбанит — эгирин, содержащий примесь MnO  
 Уссингит  $Na_2Al(OH)[Si_3O_8]$  — образуется по содалиту, цвет красновато-фиолетовый  
 Уэвеллит 218  
 Уэльсит = уэлсит  
 Уэлсит — цеолит 309

## Ф

- Факолит = шабазит  
 Фалькманит = буланжерит  
 Фальэрц = блеклая руда  
 Фаматинит 317  
 Фармаколит 286  
 Формакосидерит 319  
 Фассаит — разновидность авгита, богатая CaO и не содержащая FeO  
 Фацелит = калиофилит  
 Фаялит 120, 251

- Фаялит 120  
 Фельдшпатиды 163  
 Фельзобаниит = фельшбаниит  
 Фельшбаниит 213  
 Фенакит 119, 256, 280  
 Фенгит — мусковит с повышенным содержанием  $SiO_2$  (49% и больше)  
 Феникохроит = фёницит 214  
 Фёницит 214  
 Ферберит 217  
 Ферванит 311  
 Ферганит 311  
 Фергусонит = фергусонит 327  
 Фергусонит 108, 327  
 Фернандинит — очень редкий 311  
 Ферриаллофан — аллофан, содержащий Fe компонент  
 Ферригаллуазит 313  
 Феррибейделлит — бейделлит, содержащий до 18%  $Fe_2O_3$   
 Ферримолибдит 216, 238, 294  
 Ферримонтмориллонит = нонтронит  
 Ферримусковит — разновидность мусковита, богатая  $Fe_2O_3$  (до 13%)  
 Феррисимплезит 319  
 Феррит  $\alpha$ -железо — теллурическое самородное железо  
 Ферриторит — торит, содержащий до 13%  $Fe_2O_3$   
 Ферритунгстит 94, 218, 294  
 Ферроавгит — авгит, содержащий до 20% FeO  
 Ферроантигорит — богатый железом серпентин  
 Ферробраунит — разновидность браунита, содержащая 16%  $Fe_2O_3$   
 Ферробрусит (Mg, Fe)(OH)<sub>2</sub> — брусит, содержащий до 36% FeO  
 Феррогиперстен — гиперстен с особенно большим содержанием железа  
 Феррогосларит 210  
 Феррокобальтин — богатая железом разновидность кобальтина  
 Феррокордиерит — кордиерит, в котором весь Mg замещен Fe  
 Ферропижонит — железистая разность пижонита  
 Ферроплатина PtFe — содержит до 19% Fe 44  
 Феррорихтерит — железистая разность рихтерита  
 Феррородохрозит = олигонит  
 Ферросилит — железистая разность клиноэнстатита  
 Ферроспессартин (Fe, Mn)<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>4</sub>]<sub>3</sub>  
 Ферростильпноделан — богатая закисью железа разность стильпноделана, слюдоподобный  
 Ферротеннантит — теннантит, содержащий до 11% железа  
 Ферротетраэдрит — тетраэдрит с содержанием до 10% железа  
 Ферроторит 326  
 Ферроэпсомит — железистая разновидность эпсомита  
 Ферсманит 321

Ферсмит 329  
 Фибролит — волокнистая разновидность силлиманита  
 Фиброферрит 313  
 Физелиит = андорит  
 Физелит — очень редкий 324, 325  
 Филадельфит — продукт разрушения биотита  
 Филлипит  $\text{CuFe}_2 \cdots [\text{SO}_4]_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$   
 Филлипсит 171  
 Фиорит — белая разновидность опала с характерным перламутровым блеском  
 Фистацит (пистацит) = эпидот  
 Флайейолит 325  
 Флогопит 147, 241  
 Флоренсит 329  
 Флюоборит 310  
 Флюорит 221, 244, 245, 247, 286  
 Флюоцерит 329  
 Фовлерит 141  
 Фоглит 327  
 Фолидолит = гидрофлогопит  
 Фольбортит 311  
 Форбезит 315  
 Форманит 320  
 Форнасит — встречается редко 328  
 Форстерит 120, 252, 253  
 Фосгенит 182, 267  
 Фосфатный аллофан — содержит до 8%  $\text{P}_2\text{O}_5$   
 Фосфорит 193  
 Фосфорхальцит = псевдомалахит  
 Фосфосидерит 313  
 Фосфуранилит 328  
 Фоулерит = фовлерит  
 Франкеит 61  
 Франклинит 102  
 Фредриктит = аргентотеннантит  
 Фрейбергит 52  
 Фрейеслебенит 324  
 Фремонитит 315  
 Фритчеит 328  
 Фругардит — разновидность везувияна, богатая магнием  
 Фторapatит 193  
 Фтористый калий KF. Очень редкий  
 Фуксит 147, 244  
 Фульгурит — кварцевое стекло, получающееся при сплавлении песка молнией  
 Фурмарьерит 327  
 Фюлеппит — очень редкий 325

## Х

Хабазит = шабазит  
 Хагаталит — разновидность циркона, содержащая редкие земли 329  
 Хаккасит = алюмогидрохальцит  
 Халитит  $\text{Fe}_2\text{S}$  — в метеоритах  
 Халцедон 89, 249  
 Халькантит 210, 237, 244, 272, 280  
 Хальковскит 329  
 Халькозин 49, 232, 233  
 Хальколит = торбернит  
 Хальколамприт — очень близок к пиррохлору, содержит около 10%  $\text{SiO}_2$  за счет включений эгирина 107

Халькоменит — очень редкий 323  
 Халькопирит 50, 234, 272  
 Халькосидерит 318  
 Халькостибит 317  
 Халькотрихит — волосовидная разность куприта 80, 292  
 Халькофанит 330  
 Халькофиллит 318  
 Хальмерзит = кубанит  
 Хаммарит 311  
 Хаулеит 314  
 Хёгбомит  $\text{Mg}_4\text{Fe}_2 \cdots \text{Al}_6\text{TiO}_{18}$  или  $[\text{Al}_2, \text{Fe}_2, (\text{Mg}, \text{Ti})] \text{O}_3$   
 Хегтвейтит — циркон с большим содержанием (до 12%)  $\text{ThO}_2$   
 Хенглейнит — кобальтннкельпирит (разновидность пирита)  
 Хёрнезит 316  
 Хиастолит 125, 248  
 Хиолит 223  
 Хиордалит = гуаринит  
 Хизлевудит 320  
 Хлоантит 73, 233  
 Хлопинит 321, 326, 327  
 Хлорapatит 193  
 Хлораргирит = кераргирит  
 Хлористая ртуть = каломель  
 Хлористое серебро = кераргирит  
 Хлористый аммоний = нашатырь  
 Хлористый свинец = котунит  
 Хлоритоид 149, 281  
 Хлоритоиды 149, 254  
 Хлориты 150, 244, 281  
 Хлорохальцит = гидрофиллит  
 Хлоромеланит — разность жадеита, содержащая FeO, CaO и MgO  
 Хлоропал — опаловидная разновидность нонтронита  
 Хлорошпинель 101  
 Ходкинсонит 330  
 Хокутолит — разность барита, богатая Pb и Ra  
 Холмквистит  $\text{Li}_2 (\text{Mg}, \text{Fe})_3 (\text{Fe} \cdots, \text{Al})_2 (\text{OH})_2 [\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$   
 Хондродит 121  
 Хризоберилл 101  
 Хризоколла 154, 235, 280  
 Хризолит — оливин, прозрачная зеленая разность 120  
 Хризопраз 89  
 Хризотил-асбест 153  
 Хризофан = ксантофиллит  
 Христенсенит — твердый раствор молекулы нефелина (до 5%) в тридимите. Встречается в лаве  
 Хромавит — разновидность авгита, содержащая до 3%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$   
 Хромамезит — хлорит, содержащий до 1,76%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , фиолетовый  
 Хромантигорит — хромсодержащий серпентин  
 Хромбейделлит — хромсодержащий бейделлит (до 5%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )  
 Хромвезувиян — хромсодержащий везувиян (до 4,3%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) зеленого цвета

Хромгаллуазит — галлуазит, содержащий до 2,6%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$   
Хромгерцинит — герцинит, содержащий  $\text{Cr}_2\text{O}_3$   
Хромдиопсид = хромовый диопсид  
Хромистый железняк = хромит 103  
Хромит 103, 249, 293  
Хромнонортрит — нортрит, содержащий до 10%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$   
Хромовая охра — тонкокристаллический слюдоподобный минерал, возможно хромсодержащий фенгит  
Хромовый диопсид = хромдиопсид 138  
Хромовый турмалин 135  
Хромовые хлориты 150, 245  
Хромовый эпидот 328  
Хромogerцинит = хромгерцинит  
Хромомagnetит — магнетит, содержащий хром  
Хромшпинель — травяно-зеленая шпинель  
Хромрутил 328  
Хромтурмалин = хромовый турмалин  
Хромшпинелиды — минералы с общей формулой  $(\text{Mg, Fe})(\text{Cr, Al, Fe})_2\text{O}_4$  101  
Хромпикотит — относится к хромшпинелидам  
Хромцоизит — цоизит с небольшой примесью хрома, зеленого цвета  
Хромэпидот — хромсодержащий эпидот  
Хьелмит 321  
Хьюэтит — микроскопические иголки красного цвета. Очень редкий 311

## Ц

Цвизелит — богатый железом триплит  
Цейлонит = плеонаст 101  
Цейнерит 197  
Целестин 203, 240, 245, 247, 269  
Цельзиан 163  
Ценозит 314, 329  
Цеолиты 168, 248  
Церапатит 329  
Цергадолинит — гадолинит, богатый церием 329  
Церианит 329  
Церин = ортит  
Церит 329  
Церматтит 153  
Церуссит 179, 239, 247, 267  
Цефаровичит = вавеллит  
Цианотрихит 212  
Цианохальцит — хризоколла, богатая  $\text{P}_2\text{O}_5$  (до 9%)  
Цилиндрит 61  
Цинк самородный Zn — сомнителен  
Цинкалюминит 330  
Цинкениит 63  
Цинкит 81, 241, 289  
Цинкманганкуммингтонит — разновидность куммингтонита, содержащая  $\text{MnO}$  и до 10% ZnO  
Цинковая обманка = сфалерит  
Цинковые цветы = гидрoцинкит  
Цинковый купорос-госларит

Цинковый шпат = смитсонит  
Цинкокальцит — разновидность кальцита с ZnO до 5%  
Цинколивениит — цинкосодержащий оливениит  
Цинкродохрозит — цинкосодержащая разновидность родохрозита  
Цинк-тиллит 321  
Цинкхалькантит — продукт выветривания цинкбутита 330  
Циннвальдит 148, 246, 277  
Циппеит 213  
Циприн — голубой везувиан, редкий  
Циркелит 326  
Циркон 123, 253, 279  
Циркон-фавас 87  
Циртолит — разновидность циркона, богатая  $\text{ThO}_2$  и  $\text{U}_3\text{O}_8$  123  
Цирфесит — продукт изменения эвдиалита  
Цитрин — золотисто-желтый или лимонно-желтый кварц  
Цоизит ( $\alpha$  и  $\beta$ ) 130, 257, 282  
Цуниит = зуниит 127

## Ч

Чальмерзит = кубанит  
Чатамит 73  
Чевкинит — продукт распада титаносиликата редких земель и железа 329  
Чермакит — чисто магниевая не содержащая Al разновидность роговой обманки  
Чермигит 211  
Черная медная руда = тенорит  
Черный серебряный блеск = стефанит  
Чёрчит 329  
Чивниатит — смесь висмутового блеска с различными медными сульфидами  
Чилениит — висмутистое серебро, содержит до 15% Вi 37  
Чилийская селитра 184  
Чиллагит 216, 217  
Чкаловит 310

## Ш

Шабазит 170, 248  
Шамозит 151  
Шапбахит — высокотемпературная кубическая модификация матильдита 311  
Шарпит 327  
Шватцит — Hg-содержащий тетраэдрит  
Шеелит 216, 242, 248, 294  
Шёнит 314  
Шёпит = скупит  
Шериданит — магниевая разновидность прохлорита  
Шерл 135  
Шерлит — а) железистая разновидность турмалина; б) старое название топаза  
Шёрломит = шорломит  
Шессилит = азурит  
Шетелегит — минерал пегматитовых жил. Редкий 313

Шефферит 138  
Шиллершпат = бастит  
Ширмерит 311  
Шмальтин 72, 234  
Шнеебергит — относится к группе пирокла 325  
Шорломит — богатая титаном разновидность андрадита 326  
Шпейсовый кобальт = шмальтин 72  
Шпинель 101, 251, 254, 255, 290  
Шпинель рубиновая = красная шпинель  
Шпреуштейн 169  
Шпрудельштейн 178  
Шрейберзит — минерал метеоритов 320  
Шрекингерит 327  
Штаффелит = подолит  
Штернбергит 54, 234  
Штольцит 217  
Штренгит 313  
Штромейерит 53  
Штюцит — очень редкий и мало исследованный 323  
Шунгит 41  
Шухардит 320

### Щ

Щелочные роговые обманки 144

### Э

Эвдиалит 136  
Эвдидимит — очень редкий 310  
Эвкайрит 323  
Эвклаз 310  
Эвколит 136  
Эвкрипит 120  
Эвксенит 108  
Эвлитин = эвлитит  
Эвлитит 312  
Эгирин 140, 277  
Эгирин-авгит — разность авгита, богатая  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (эгириновой молекулой)  
Эгирин-диопсид — пироксен, промежуточный между эгирином и диопсидом  
Эгирин-геденбергит — пироксен, промежуточный между эгирином и геденбергитом  
Эглестонит 322  
Эденит — относится к группе амфиболов  
Эдингтонит — относится к цеолитам 309  
Эйкрипит = эвкрипит  
Эйхвальдит — по составу близок к еремеевиту  
Электрум 38  
Элеолит 165, 255  
Элит 318  
Эллахерит — бариевый мусковит  
Эльбаит — литиевая разновидность турмалина  
Эльбруссит — близко стоит к нонтрониту и бейделлиту, содержит значительное количество  $\text{FeO}$  и  $\text{MgO}$   
Эльпидит 319  
Эльсвортит — одна из метамиктных разностей пирокла, богатая ураном, кальцием и водой 107

Эмболит 226  
Эмбритит = буланжерит  
Эммонсит = дурденит  
Эмплектит 311  
Эмпрессит 323  
Энарцит 52, 232, 233  
Энгидрос 89  
Эндейонит 321  
Энделлионит = бурнонит  
Энделлит = галлуазит  
Эндлихит 195  
Энигматит 140, 250  
Энстатит 137, 247  
Энстатит-авгит — промежуточная разность между энстатитом и диопсидом, содержащая  $\text{Al}_2\text{O}_3$   
Эозит — ванадийсодержащий вульфенит  
Эосфорит ( $\text{Mn}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{++}$ ) $\text{Al}(\text{OH})_2[\text{PO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$   
Эпигенит 318  
Эпидесмин — отвечает по составу десмину, но ромб. с.  
Эпидидимит — слюдоподобный, очень редкий 310  
Эпидот 131, 252, 254, 281  
Эпилейцит — псевдоморфоза по лейциту ортоклаза и серицита, а также нефелина и альбита  
Эпистильбит — близок к гейландиту  
Эпистолит 321  
Эпсомит 209, 237, 239, 240, 269  
Эрицит — фосфат и силикат редких земель с небольшой примесью  $\text{Mg}$  и  $\text{Ca}$ , близок к абакумалиту из группы апатита  
Эринадин — спессартин, содержащий  $\text{Y}$ ,  $\text{Sr}$  и  $\text{Mg}$   
Эринит 318  
Эритрин 198, 237, 240, 287  
Эритроцинкит — марганецсодержащий вюрцит  
Эссонит = гессонит  
Эсхинит = эшинит  
Эфесит — натровая разность маргарита  
Эшвегит — иттровая разность пирокла 313  
Эшеллит = томсонит  
Эшинит 108, 250, 291

### Ю

Ютаит = ярозит  
Юмит = гумит

### Я

Якобсит 316  
Яллаит 53  
Янтгарь — смола ископаемых деревьев 284  
Янтгинит 95  
Ярозит 205, 235, 238, 273  
Яхимовит = купроскладовскит  
Яшма 89, 249, 280

## АТОМНЫЕ ВЕСА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ<sup>1</sup>

Азот N 14,0067	Лантан La 138,91
Актиний Ac (227)	Литий Li 6,939
Алюминий Al 26,9815	Лоуренсий Lr (256)
Америций Am (243)	Лютеций Lu 174,97
Аргон Ar 39,948	Магний Mg 24,305
Барий Ba 137,34	Марганец Mn 54,9380
Берклий Bk (247)	Медь Cu 63,546
Бериллий Be 9,0122	Менделевий Md (257)
Бор B 10,811	Молибден Mo 95,94
Бром Br 79,904	Мышьяк As 74,9216
Ванадий V 50,942	Натрий Na 22,9898
Висмут Bi 208,980	Неодим Nd 144,24
Водород H 1,00797	Неон Ne 20,179
Вольфрам W 183,85	Нептуний Np (237)
Гадолиний Gd 157,25	Никель Ni 58,71
Галлий Ga 69,72	Ниобий Nb 92,906
Гафний Hf 178,49	Нобелий No (255)
Гелий He 4,0026	Олово Sn 118,69
Германий Ge 72,59	Осмий Os 190,2
Гольмий Ho 164,930	Палладий Pd 106,4
Диспрозий Dy 162,50	Платина Pt 195,09
Европий Eu 151,96	Плутоний Pu (244)
Железо Fe 55,847	Полоний Po (210)
Золото Au 196,967	Празеодим Pr 140,907
Индий In 114,82	Прометий Pm (147)
Иод J 126,9044	Протактиний Pa (231)
Иридий Ir 192,2	Радий Ra (226)
Иттербий Yb 173,04	Радон Rn (222)
Иттрий Y 88,905	Рений Re 186,2
Кадмий Cd 112,40	Родий Rh 102,905
Калий K 39,102	Ртуть Hg 200,59
Калифорний Cf (252)	Рубидий Rb 85,47
Кальций Ca 40,08	Рутений Ru 101,07
Кислород O 15,9994	Самарий Sm 150,35
Кобальт Co 58,9332	Свинец Pb 207,19
Кремний Si 28,086	Селен Se 78,96
Криптон Kr 83,80	Сера S 32,064
Ксенон Xe 131,30	Серебро Ag 107,868
Курчатовий Ku (264)	Скандий Sc 44,956
Кюрий Cm (247)	Стронций Sr 87,62

<sup>1</sup> В скобках приведены массовые числа наиболее устойчивых изотопов.

Сурьма Sb 121,75  
Таллий Tl 204,37  
Тантал Ta 180,948  
Теллур Te 127,60  
Тербий Tb 158,924  
Титан Ti 47,90  
Торий Th 232,038  
Тулий Tm 168,934  
Углерод C 12,01115  
Уран U 238,03  
Фермий Fm (257)

Фосфор P 30,9738  
Фтор F 18,9984  
Хлор Cl 35,453  
Хром Cr 51,996  
Цезий Cs 132,905  
Церий Ce 140,12  
Цинк Zn 65,37  
Цирконий Zr 91,22  
Эйнштейний Es (254)  
Эрбий Er 167,26

## СОДЕРЖАНИЕ

От автора . . . . .	3
Предисловие ко второму изданию . . . . .	4
Список принятых сокращений . . . . .	7
Краткие общие сведения о минералах . . . . .	7

### Описание минералов

Самородные элементы . . . . .	35
Сернистые соединения . . . . .	45
Оксиды . . . . .	76
Простые окислы . . . . .	77
Сложные окислы . . . . .	78
Силикаты . . . . .	110
I. Островные силикаты . . . . .	113
II. Цепочечные силикаты . . . . .	115
III. Ленточные силикаты . . . . .	115
IV. Листовые силикаты . . . . .	116
V. Каркасовые силикаты . . . . .	117
Карбонаты . . . . .	171
Нитраты . . . . .	184
Бораты . . . . .	185
Фосфаты, арсенаты, ванадаты . . . . .	189
Сульфаты, хроматы, молибдаты, вольфраматы . . . . .	199
Сульфаты . . . . .	199
Хроматы . . . . .	214
Молибдаты . . . . .	215
Вольфраматы . . . . .	216
Соли органических кислот . . . . .	218
Галлоидные соединения (галогениды) . . . . .	219
Фториды . . . . .	221
Хлориды . . . . .	224

### Определители минералов

Определитель минералов по внешним признакам . . . . .	229
Определитель минералов при помощи паяльной трубки . . . . .	257

### Справочные таблицы

Важнейшие парагенетические ряды минералов . . . . .	296
Списки минералов некоторых минералогически интересных месторождений СССР . . . . .	303
Списки минералов по элементам . . . . .	309
Алфавитный список и указатель минералов . . . . .	331
Атомные веса химических элементов . . . . .	355

**НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ СМОЛЬЯНИНОВ**  
**Практическое руководство по минералогии**

Редактор издательства *Смирнова З. А.*  
Техн. редакторы *Калужина В. И., Иванова А. Г.*  
Переплет художника *Голикова К. В.*  
Корректор *Курылева М. П.*

---

Сдано в набор 27/X 1971 г.  
Подписано в печать 1/VI 1972 г. Т-07695  
Формат 70×100<sup>1</sup>/<sub>16</sub> Печ. л. 22,5 Усл. печ. л. 29,25  
Уч.-изд. л. 29,3 Бумага № 2 Индекс 1-1-1  
Заказ 607/4240-1 Тираж 27000 экз. Цена 1 р. 38 к.

---

Издательство «Недра»,  
Москва, К-12, Третьяковский проезд, д. 1/19.  
Московская типография № 6 Главполиграфпрома  
Комитета по печати при Совете Министров СССР  
Москва, Ж-88, Южнопортовая ул., 24

## УВАЖАЕМЫЙ ТОВАРИЩ!

В издательстве «Недра» готовятся к печати новые книги

**АТЛАС ТЕКСТУР И СТРУКТУР ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД.** Часть 3. Кремнистые породы. Под ред. А. И. Жамойда, А. В. Хабакова. 24 л. 2 р. 80 к. Авт.: Дмитриева Е. В., Либрович В. Л., Некрасова О. И., Петровский А. Д.

Атлас состоит из трех частей. Часть 1 вышла в 1962 г., часть 2 — в 1969 г. В третьей части даны краткая сводка по генезису, классификации и номенклатуре кремнистых пород и характеристика различных типов кремнистых пород из различных регионов СССР и отложений разного возраста с присущими им текстурными и структурными особенностями. В основу классификации кремнистых пород положены: форма залегания, происхождение, вещественный состав и петрографические особенности, а также микротекстуры различных генетических типов кремнистых пород.

Атлас может быть использован в качестве справочного руководства широким кругом геологов и литологов при геологосъемочных и литологических работах, при фациальном анализе кремнистых толщ, а также может быть рекомендован как пособие для преподавания специальных геологических дисциплин в вузах.

**Красный Л. И. ПРОБЛЕМЫ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СИСТЕМАТИКИ.** 12 л. 1 р. 40 к.

В работе критически рассмотрена теория геосинклиналей и показано, что современная геология и тектоника должны базироваться на новой систематике, построенной по геофизическим данным. В этом аспекте рассмотрена делимость земной коры на самостоятельные геоблоки с шовными структурами между ними. Описаны подвижные области различного типа, вулканические пояса, их звенья. Сделана попытка классификации структур подвижных областей и более общей геологотектонической систематизации структур Земли.

Книга представляет значительный интерес для геологов широкого профиля.

**Хаин В. Е. ОБЩАЯ ГЕОТЕКТОНИКА.** Изд. 2, перераб.  
и доп. 42 л. 4 р. 60 к.

Книга является вторым, переработанным и дополненным изданием монографии, посвященной характеристике основных структурных элементов земной коры: геосинклиналей, платформ, материков, океанов. Рассматриваются общие закономерности развития земной коры, причины тектогенеза, методы изучения тектонических движений. Во втором издании учтены новейшие геофизические данные, освещены результаты океанологических работ, а также отражены современные взгляды на причины и механизм тектонических движений. Автор особо рассматривает структуры дна океанов, эпиплатформенных орогенных поясов, излагает вопросы связи размещения полезных ископаемых с тектоническими структурами.

Книга рассчитана на широкий круг геологов, она также может быть использована преподавателями и студентами геологических вузов и факультетов.

**Яворский В. И. ЗЕМЛЯ КУЗНЕЦКАЯ ОТ ДРЕВНИХ ЭПОХ ДО НАШИХ ДНЕЙ.** 4 л. 13 к.

В брошюре в популярной форме описан исторический процесс покорения суровой сибирской природы человеком. Показано возникновение определенных связей между человеком и природой, рассмотрены сдвиги, происшедшие в народном хозяйстве Западной Сибири в советское время. В работе использованы оригинальные материалы, приведены интереснейшие данные о заселении описываемого района древним человеком, о культуре первых племен, населявших эту землю. Значительная часть брошюры посвящена истории открытия, разведки и освоения Кузнецкого угленосного бассейна.

Рассчитана на самый широкий круг читателей.

Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, или заказать через отдел «книга — почтой» магазинов:

№ 17 — 199178. Ленинград, В.О. Средний проспект, 61  
№ 59 — 127412. Москва, И-412, Коровинское шоссе, 20

Издательство «Недра»

16-386

398

HEJFA-D72