

**Р. Юбельт**

# **ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ**

(Rudolf Jubelt. Mineral Bestimmungsbuch)

*Редакция литературы по вопросам геологических наук*

© 1976. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, Deutsche Demokratische Republik

## **ОТ РЕДАКЦИИ**

Минералы — природные соединения химических элементов — с незапамятных времен вызывали большой интерес. Еще в каменном веке такие минералы, как халцедон, нефрит, обсидиан, помогали человеку добывать пищу и огонь. Звучное латинское слово *minera*, образующее корень нынешнего слова «минерал», обозначало руду — камень, дающий металл. Значение минералов как сырья, используемого для выплавки металлов, составляющих основу промышленного производства, исключительно велико. Многие минералы применяются в качестве огнеупорных, керамических, изоляционных, красящих и других материалов в различных отраслях народного хозяйства.<sup>v</sup>

Однако человека привлекала и привлекает не только возможность промышленного использования тех или иных минералов: издавна его изумляла и восхищала красота природного камня. Стойкая, сочная окраска минералов, их удивительная естественная огранка — одно из ярких проявлений гармонии в природе.

В последнее десятилетие во всем мире интерес к природному камню чрезвычайно возрос. Коллекции минералов создаются при учебных заведениях, краеведческих музеях, геологических управлениях, на крупных рудниках. Необычайной популярностью пользуется индивидуальное коллекционирование минералов.

В этой связи большой интерес представляет книга доктора естественных наук Р. Юбельта, выдержавшая на родине автора, в ГДР, уже два издания. Основным достоинством этой книги, знакомящей читателя с миром минералов, является сочетание ее небольшого объема с высокой информативностью. Книга состоит из двух частей. В первой автор в доступной пониманию неспециалистов форме знакомит читателя с основами минералогии. Как, в ходе каких геологических процессов образуются минералы? Каковы их физические свойства: кристаллическая форма, цвет, блеск, степень прозрачности? Какие из этих свойств наиболее важны для диагностики и какие методы применяются для определения минералов? Каков химический состав минералов и какова их внутренняя структура? В книге показано, что именно внутреннее строение минералов обуславливает их внешний облик и физические свойства. Особое внимание уделено наиболее сложному для непосвященного читателя разделу — кристаллографии, который написан известным кристаллографом проф. В. Шмицем.

Весьма информативная вводная часть подготавливает читателя к восприятию второй части, в которой заключено основное содержание книги. Здесь в алфавитном порядке — «от А до Я» — описаны 205 минералов и кратко охарактеризованы их основные разновидности, приведены основные сведения не только о наиболее распространенных минералах, таких, как кварц и полевые шпаты, пироксены и амфиболы, или о минералах, имеющих большое народнохозяйственное значение, но и о ряде природных образований, редко встречающихся, но ценных с точки зрения коллекционеров, таких, например, как крокоит или ильваит.

Пользование книгой как определителем-справочником облегчается четкой рубрикацией описания каждого минерала, а также диагностическими таблицами, данными в приложении к книге.

Следует отметить некоторые особенности книги, обусловленные тем, что авторы адресовали ее в первую очередь немецкому читателю. Так, районы распространения месторождений охарактеризованы в самых общих чертах, и масштабными единицами являются горные хребты, провинции, штаты или страны в целом. Лишь для обоих германских государств (ГДР и ФРГ) и в ряде случаев для их непосредственных соседей — ЧССР, Швейцарии, Австрии, Польши — указаны конкретные районы локализации месторождений и местонахождения минералов. Некоторое несоответствие русской и немецкой научной терминологии заставило в ряде случаев дать подстрочные пояснения. Формулы минералов приведены по автору.

Безусловно, настоящая книга будет интересна и полезна минералагам, студентам геологических вузов, специалистам смежных профессий, а также коллекционерам-любителям, тем более что она составляет единое целое с изданной в 1977 г. на русском языке книгой Р. Юбельта и П. Шрайтера «Определитель горных пород» и как бы продолжает знакомить читателя с многоцветным и увлекательным миром камня.

## **К ЧИТАТЕЛЯМ**

Определитель минералов адресован любителям минералогии и петрографии, а также всем, кто проявляет интерес к этим областям знания. Вместе с тем книга представляет собой карманный справочник по минералогии, позволяющий самостоятельно определять важнейшие и наиболее распространенные минералы (всего около двухсот) по внешним признакам и с помощью простейших приемов. Наряду с другими сведениями книга содержит информацию о хозяйственном значении многих минералов, находящих применение в качестве минерального сырья для получения металлов, в химической, керамической и других отраслях промышленности.

Во вводном разделе рассмотрено происхождение минералов и на нескольких примерах (Рудные горы, Гарц) показано, какие закономерности вещественного состава и какие геологические условия определяют местонахождение тех или иных минералов и их групп.

Книга богато иллюстрирована цветными и черно-белыми фотографиями, а также штриховыми рисунками, что облегчает определение, распознавание и поиски минералов.

За основу при описании минералов взят курс минералогии А. Г. Бетехтина [1], пользующийся международным признанием. Построенная в форме словаря определительная часть книги содержит описание отдельных минералов, названия которых расположены в алфавитном порядке и даны в соответствии с международной минералогической номенклатурой. Каждое описание включает следующие данные: название и химический состав минерала; свойства минерала — цвет, блеск, прозрачность, цвет черты, твердость, плотность, излом, спайность, кристаллографическая сингония; форма кристаллов или кристаллических выделений; структура кристаллической решетки минерала; совместно образующиеся (сопутствующие) минералы; минералы, близкие по некоторым признакам (сходные минералы); химическое поведение минерала в пламени паяльной трубки (сокращенно п. тр.) и поведение в кислотах.

Сведения о практическом применении минералов включают данные об их происхождении и месторождениях или местонахождении.

Для облегчения определения минералов по внешним признакам к книге прилагаются три таблицы, в которых приведены главнейшие свойства минералов — цвет, блеск, твердость, цвет черты, спайность и др.

Владельцам этого карманного справочника, желающим глубже вникнуть в науку о минералах, можно рекомендовать упомянутый выше учебник А. Г. Бетехтина. Другие указания можно извлечь из списка литературы в конце книги.

*Р. Юбельт*

## **ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ**

Первое издание этого маленького определителя минералов встретило хороший прием и получило положительную оценку. С учетом пожеланий читателей во втором, переработанном издании книги увеличено число описаний минералов и расширен набор диагностических признаков и свойств отдельных минералов (приводятся класс симметрии кристаллов и отношение осей). Лучшему пониманию зависимости между внешним обликом минералов и внутренним строением их кристаллов способствуют дополнительные пояснения, касающиеся кристаллографических свойств минералов. Соответствующий раздел составлен д-ром В. Шмицем, которому автор приносит сердечную благодарность за сотрудничество.

Эта небольшая книга, рассчитанная на коллекционеров и любителей камня, преследует цель приобщить широкий круг читателей к красоте и многообразию мира минералов. Вместе с тем в ней подчеркнута значимость отечественных минералов как основных компонентов полезных ископаемых и сырья для народного хозяйства, для чего указаны многочисленные области применения минералов в промышленности.

Автор и издательство будут признательны за критические замечания, направленные на улучшение второго издания книги.

*Р. Юбельт*

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **В МИНЕРАЛОГИЮ**

Минералогия относится к числу наук, занимающихся изучением вещества земной коры; это одна из отраслей геологических наук. Слово «минерал» происходит от латинского *minera*, что означает вести горные разработки, заниматься горным делом, т. е. рыть каналы или закладывать шахты для добычи минералов и горных пород, которые в той или иной степени практически использовались прежде и в гораздо большем объеме находят применение в настоящее время. Ныне под минералами понимают (за немногими

исключениями) кристаллические компоненты твердой земной коры, имеющие однородный состав. В настоящее время известно около 2000 минеральных видов, установленных с научной достоверностью. Однако в своем большинстве они встречаются редко, и в формировании твердой земной коры принимают существенное участие лишь относительно немногие минералы.

Естественная форма минерала — это кристалл. Лишь некоторые минералы не являются кристаллическими веществами. В физическом смысле они относятся к бесформенным, или аморфным, телам, как, например, опал — гелевый кремнезем, имеющий химический состав  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Наряду с аморфными минералами существуют также весьма мелкие кристаллические образования, распознаваемые лишь под микроскопом. Они называются скрытокристаллическими (криптокристаллическими); примером образования скрытокристаллического вещества может служить переход геля кремниевой кислоты (опала) вследствие потери воды в минерал халцедон.

Под названием «рудные минералы» понимают минералы, из которых можно получать металлы, например золото, платину, серебро, медь, железо, хром, никель, марганец, цинк, свинец, сурьму, алюминий и др.

Начало образования минералов относится ко времени возникновения твердой земной коры, т. е. 4—5 млрд. лет назад. В процессе охлаждения раскаленного вещества Земли кристаллизовались первые породообразующие минералы. Тонкая вначале земная кора становилась в ходе длительного развития Земли все толще. Ее средняя мощность составляет ныне около 40 км. Неоднородная в химическом и физическом отношении Земля состоит из ряда земных оболочек (сфер), о вещественном (химическом) составе которых мнения ученых до сих пор расходятся.

В самом общем виде принимается, что Земля состоит из трех оболочек, резко различающихся между собой по вещественному составу и физическим свойствам, причем внешняя оболочка, или литосфера, в свою очередь характеризуется дифференцированным *многослойным* строением. Разграничение оболочек производится на основании результатов геофизических (сейсмических) и геохимических исследований.

Минералообразующие процессы определяются химическим составом земной коры и характером распределения в ней элементов. К области земной коры, состоящей из сиала (гранитного слоя), сиальмы (переходного слоя) и симы [перидотит-габбрового (базальтового) слоя], относятся атмосфера (газовая оболочка), гидросфера (океаны, свободная вода, снег и лед) и биосфера (органические вещества, а также минеральные вещества панцирей и скелетов животных).

Из 102 химических соединений, составляющих периодическую систему элементов, лишь немногие широко распространены в земной коре. Как следует из диаграммы рис. 2 (по А. Г. Бетехтину), самыми распространенными элементами являются кислород (O), кремний (Si), алюминий (Al), железо (Fe), кальций (Ca), натрий (Na), калий (K), магний (Mg), водород (H), титан (Ti), углерод (C) и хлор (Cl). На долю всех остальных элементов приходится лишь несколько десятых массового процента. Большинство элементов земной коры входит в состав химических соединений. Самородные элементы, например платина, золото, серебро, мышьяк, сера, встречаются редко.

### ГЕОХИМИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ (MASON, 1958)

Атмосфильные (атмосфера)	Гидрофильные (гидросфера)	Литофильные (земная кора + верхняя мантия)	Халькофильные (нижняя мантия)	Сидерофильные (ядро Земли)
N, O, C (в форме CO <sub>2</sub> )	H и O (в форме H <sub>2</sub> O)	Li, Na, K, Rb, Cs, Be, Cu, Ag, Zn, Cd, Hg, Mg, Ca, Sr, Ba, V, Al, Ga, In, Tl, Sc, Y	Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Au, Re, Mo, Ga, Sn	
H (H <sub>2</sub> O в виде пара)	C (в форме CO <sub>2</sub> в растворе)	Редкие земли (Ce), Ti, Zr, Hf, Th	Si, (Ge), (Sn), Pb, As, Sb, Bi	
Благородные газы	(O), (N), щелочи	(P), V, Nb, Ta	S, Se, Te	C, P
	Ca, Mg, галогены, бор	O, Cr, W, U (H), F, Cl, Br, J (Tl), (Ga), (Ge) (Fe), Mn	(Fe), (Mo), (Cr)	(Pb), (As), (W)

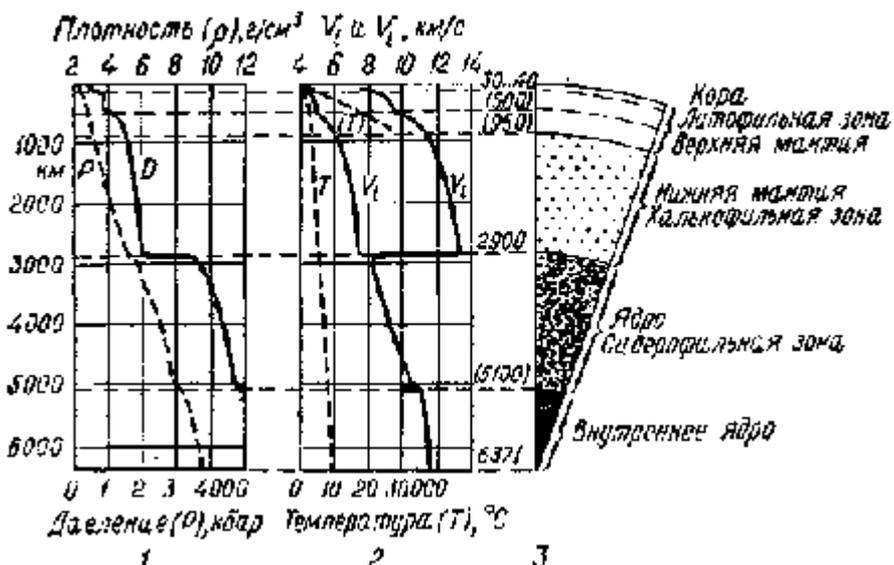


Рис. 1. Зональное строение Земли и физические свойства вещества зон.

1 — плотность и давление; 2 — скорость распространения сейсмических волн ( $V_1$  — скорость поперечной волны,  $V^1$  — скорость продольной волны) и температура; 3 — сектор Земли.

Химическое и геохимическое своеобразие земной коры обуславливает предпочтительное образование тех или иных соединений. Частота вхождения химических элементов в состав минералов в целом соответствует их распространенности в земной коре.

Многообразие строения и размеров атомов (атомный радиус, катионный и анионный радиусы при разной валентности элементов) обуславливает многочисленность минеральных видов.

Мир минералов литосферы и атмосферы систематизирован в химическом отношении и расчленен на основании данных о тонкой атомной структуре на более дробные подразделения. В 1965 г. Х. Штрунц разделил минералы на кристаллохимической основе на восемь классов.

**I класс:** элементы (а также природные сплавы, карбиды, нитриды, фосфиды), например серебро, золото, ртуть, мышьяк, сурьма, висмут, графит, алмаз, сера, селен, теллур и др.

**II класс:** сульфиды (а также селениды, теллуриды, арсениды, антимониды, бисмутиды), например пентландит, сфалерит, халькопирит, галенит, ковеллин, пирит, молибденит, прустит, борнит, реальгар, аурипегмент и др.

#### ВАЖНЕЙШИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Элемент	Мас., %	Число известных минералов
Кислород, O	49,13	1221
Кремний, Si	26,00	377
Алюминий, Al	7,45	268
Натрий, Na	2,40	100
Магний, Mg	2,35	105
Кальций, Ca	3,25	194
Железо, Fe	4,20	170
Калий, K	2,35	43
Водород, H	1,00	798
Углерод, C	0,35	194
Титан, Ti	0,61	30
Хлор, Cl	0,20	67
Фтор, F	0,08	50

**III класс:** галогениды, например галит, сильвин, карналлит, криолит и др.

**IV класс:** окислы, гидроокислы, например лед, куприт, шпинель, магнетит, хромит, гематит, корунд, кварц, ильменит, вольфрамит<sup>1</sup>, гидраргиллит, диаспор, гётит и др. [Вольфрамит чаще описывается вместе с другими

вольфрама-тами, т. е. в VI классе.]

V класс: нитраты, карбонаты, бораты, например калиевая селитра, кальцит, магнезит, сидерит, доломит, арагонит, церуссит, азурит, малахит, людвигит, борацит и др.

VI класс: сульфаты (а также теллулаты, хроматы, молибдаты, вольфраматы), например ангидрит, гипс, барит, кизерит, полигалит, каинит, крокоит, вульфенит.

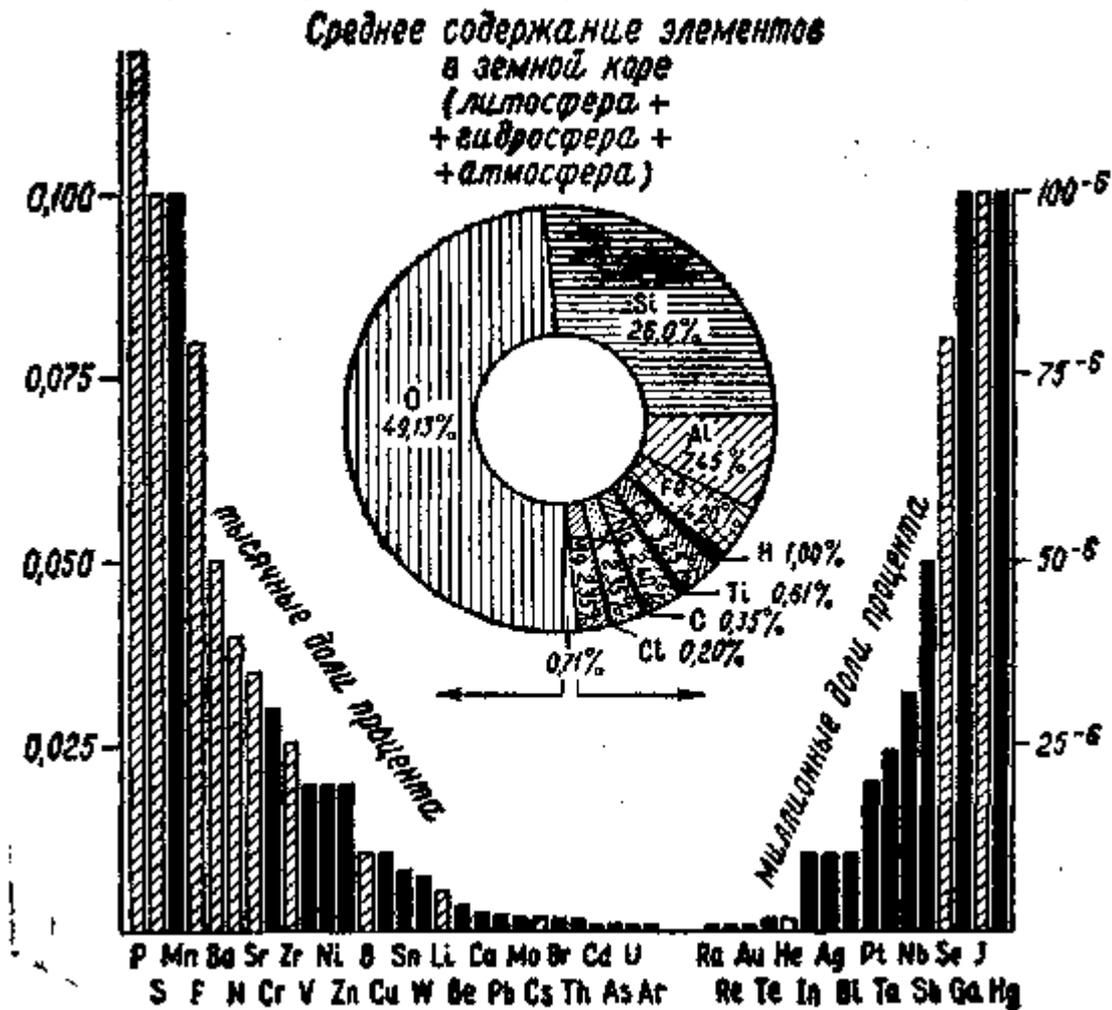
VII класс: фосфаты, арсенаты, ванадаты, например монацит, лазулит, вивианит, вавеллит, бирюза, апатит и др.

VIII класс: силикаты, например силикаты с изолированными тетраэдрами  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  (незосиликаты, ортосиликаты)—оливин, топаз, дистен, андалузит, силлиманит, ставролит, гранат, аксинит и др.; с изолированными группами  $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$  (соросиликаты)—эпидот, цоизит; с кольцевыми анионными радикалами (цикლოსиликаты)—берилл, кордиерит, турмалин и др.; с бесконечными цепочками тетраэдров  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  (шюсисиликаты)—пироксены, амфиболы, родонит и др.; с бесконечными слоями тетраэдров  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  (филлосиликаты)—гальк, мусковит, биотит, циннвальдит, хлориты, каолинит и др.; с бесконечными трехмерными каркасами тетраэдров  $[(\text{SiAl})\text{O}_4]$  (тектоосиликаты)—полевые шпаты, лейцит, анальцим, нефелин, цеолиты и др.

Каждый минерал имеет определенный химический состав, находящий свое выражение в химической формуле. Последняя содержит в виде сокращенных символов названия входящих в состав соединения элементов, таких, как железо (Fe), марганец (Mn), никель (Ni), сера (S), кремний (Si), кислород (O), водород (H), углерод (C), кальций (Ca), натрий (Na), хлор (Cl) и т. д.

Рис. 2. Диаграмма, на которой показано распространение важнейших элементов в земной коре (литосфера-гидросфера+ + атмосфера) (в мас. %).

По обеим сторонам диаграммы показано содержание «ажнейших металле\* (черные столбики).



Структурная формула отражает строение минерала. Соединение  $\text{NaCl}$  (каменная соль) состоит из одного атома натрия и одного атома хлора. При этом 23 массовые части натрия связаны с 25 массовыми частями хлора.

Пирит,  $\text{FeS}_2$ , состоит из одного атома железа и двух атомов серы, т. е. в нем 56 массовых частей железа связаны с (32-2) массовыми частями серы.

Вычисление содержаний тех или иных компонентов в минералах часто производится в массовых процентах. Для наглядности приведем простой пример. Минерал сидерит (железный шпат),  $\text{FeCO}_3$ , имеет следующий состав:

Элемент	Атомная масса	Содержание железа
Железо, Fe	55,85	$55,85:15,86 =$
Углерод, C	12,01	$= 48,2 \text{ мас.}\% \text{ Fe}$
Кислород, O <sub>3</sub>	48,00	
	115,86	

Чтобы в более наглядной форме представить химические взаимоотношения в минералах сложного состава, формулы в минералогии записывают несколько иначе. Калиевый полевой шпат (ортоклаз) имеет, например, химическую (структурную) формулу  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ; если же выразить состав этого минерала в виде окислов, то его формула примет вид  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ . Минерал состоит из

64,8 мас. %	$\text{SiO}_2$	(двуокись кремния),
18,3 мас. %	$\text{Al}_2\text{O}_3$	(окись алюминия),
16,9 мас. %	$\text{K}_2\text{O}$	(окись калия).

## ОБРАЗОВАНИЕ И ОБЛИК МИНЕРАЛОВ И КРИСТАЛЛОВ

Изучение облика минералов, т. е. кристалломорфология, составляет один из существенных разделов минералогии. Минералогам, петрографам и исследователям месторождений, словом, каждому, кто занят изучением минерального мира, кристаллография — учение о кристаллах — необходима для диагностики минералов и их агрегатов. Подчас минералы встречаются в природе в виде правильных кристаллов, выросших в пустотах, но гораздо чаще в виде сплошных зернистых или плотных образований (рис. 3). Минералы, кристаллизовавшиеся в условиях земной коры, образованы по определенным законам. Их кристаллографическая форма зависит от химического состава, а также от физических условий образования — давления и температуры.

По своим размерам природные кристаллы могут быть самыми разными: от микроскопических до весьма крупных вплоть до нескольких метров длиной и в поперечном сечении. Внешний облик кристаллов зависит от того, насколько спокойно происходил их рост. Большинство кристаллов в природе растут медленно — тысячи и миллионы лет. Однако некоторые кристаллы растут очень быстро, например кристаллы легко растворимых солей, иногда сублимационных минералов (сера, таблички гематита) в кратерах действующих вулканов.

Вообще говоря, кристаллы образуются в тех случаях, когда какое-либо вещество переходит из жидкого или газообразного состояния в твердое. Рост кристалла начинается с образования зародышей и скелетных форм. При длительном, равномерном, беспрепятственном поступлении вещества со всех сторон возникают нормальные кристаллические формы, что, однако, едва ли является правилом. В большинстве случаев кристаллы стеснены в своем росте соседними телами (соседними кристаллами). Это приводит к образованию несовершенных кристаллов с искаженными гранями, так как поступление растворов, питающих кристалл, происходит с разных сторон неравномерно.

Признаками хорошо образованных форм монокристалла являются ровные, блестящие грани, отсутствие входящих углов (только двойниковые сростки имеют разнообразные входящие углы). Часто грани кристаллов бывают шероховатыми, с притупленными ребрами, а сами ребра закругленными. Подобные особенности следует относить за счет процессов растворения, когда на кристалл воздействовали активные растворы.

Многочисленные физические и химические свойства выкристаллизовавшихся минералов, такие, например, как характер роста кристаллов, форма кристаллов, твердость, спайность, растворимость и т. д., зависят от химического состава кристаллов, от их упорядоченного атомного или молекулярного строения. Изучением этих вопросов заняты специалисты одного из наиболее важных направлений исследований в кристаллографии. Например, кристалл каменной соли — хлорида натрия ( $\text{NaCl}$ ), состоит из атомов натрия и хлора. По углам кубической элементарной ячейки  $\text{NaCl}$  располагаются, чередуясь, атомы натрия и хлора (табл. 1). Эти «кирпичики» расположены в пространстве закономерно. В целом подобная конструкция называется кристаллической решеткой. Каменная соль образует кубические кристаллы и спайные выколки по кубу именно вследствие своей характерной структуры.

В соответствии с химическим и кристаллографическим многообразием в минеральном мире существует некоторое количество структурных типов кристаллических решеток, иногда построенных просто, но чаще

имеющих весьма сложное строение. Исследования атомного строения кристаллических решеток, успешно проводимые с помощью рентгенографии, включают изучение химии минералов и некоторых аспектов атомной физики.

Можно привести следующие примеры отдельных типов кристаллических структур: кубическая гранецентрированная решетка самородной меди, построенная из атомов меди, кубическая решетка галита (каменной соли), построенная из как бы вложенных друг в друга кубических гранецентрированных решеток из ионов  $\text{Na}^+$  или  $\text{Cl}^-$ , кубическая решетка флюорита, слоистая решетка молибденита, гексагональная и тригональная решетки кварца, тригональная решетка кальцита.

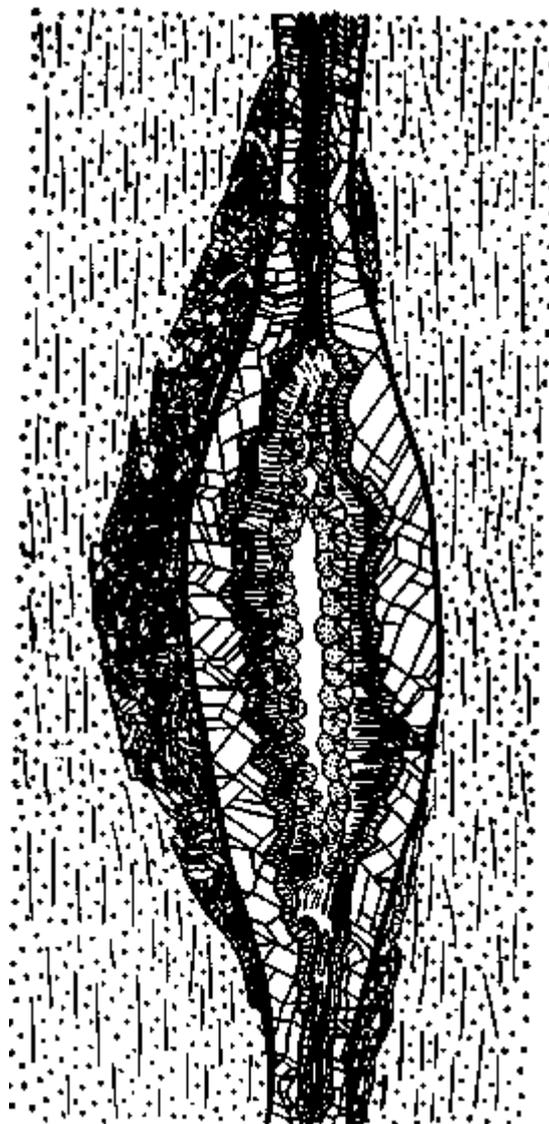
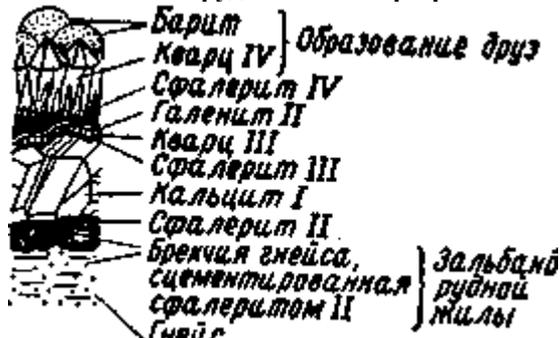


Рис. 3. Полость рудной жилы в разрезе.



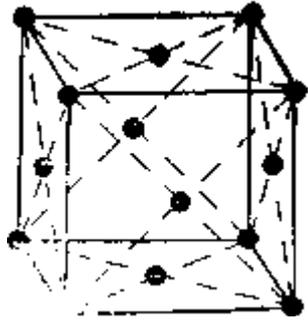
Многообразны типы кристаллических решеток у сульфидов и окислов. Особый интерес с точки зрения их структуры представляют силикаты, преобладающие в составе горных пород, и среди них в первую очередь такие, как полевые шпаты, слюды, оливин, пироксены, амфиболы. В составе этих минералов большую роль играют кремний (Si) и кислород (O). В силикатах атом кремния всегда окружен четырьмя атомами кислорода,

## ТАБЛИЦА 1

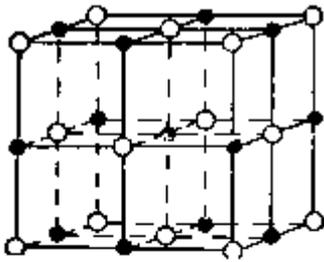
### КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ И КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ РЕШЕТКИ

Самородная медь, Cu Сингония кубическая, представлена гранецентрированным кубом с плотнейшей упаковкой атомов. Атомы меди расположены по углам куба и в центре каждой грани элементарной ячейки образующими правильный тетраэдр  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ . Каждый атом кислорода в решетке силикатов одновременно принадлежит двум разным тетраэдрам. Благодаря этому возникают двойные тетраэдры, кольцеобразные замк-

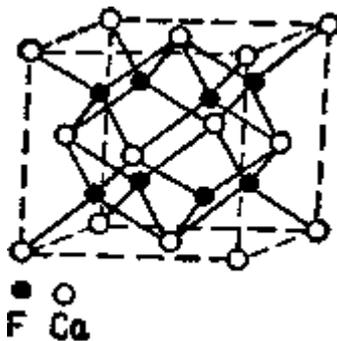
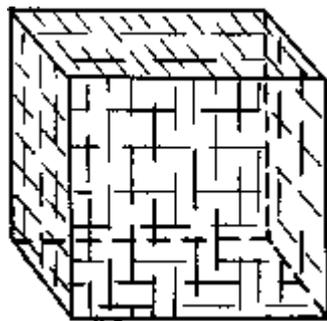
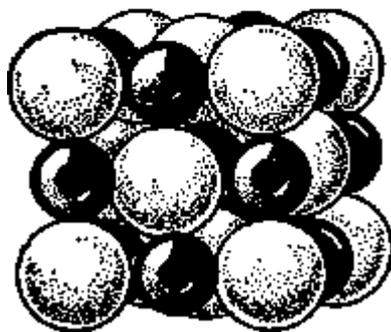
нутые группы тетраэдров (например, у берилла — двойные кольца), а при дальнейшей группировке атомов— цепи, двойные цепи (например, у пироксенов и амфиболов), двумерные бесконечные слои и трехмерные бесконечные каркасы (например, у полевых шпатов и лейцита).



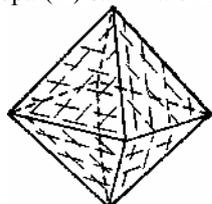
Галит (каменная соль),  $\text{NaCl}$  Сингония кубическая, кристаллическая структура представлена ионной решеткой. Ионы натрия ( $\text{Na}^+$ , черные шарики) и ионы хлора ( $\text{Cl}^-$ , белые шарики) попеременно располагаются в углах малых кубов



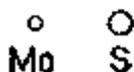
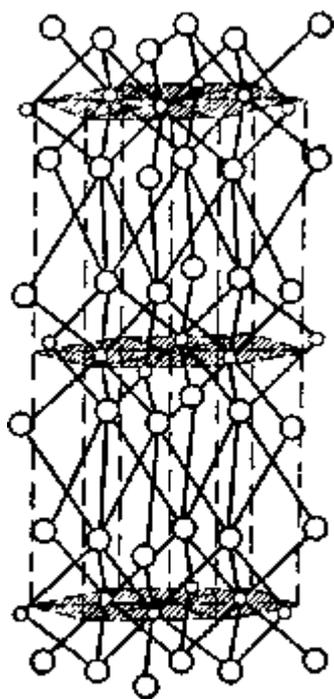
Спайный выкол галита в форме куба, замкнутая спайная форма



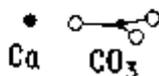
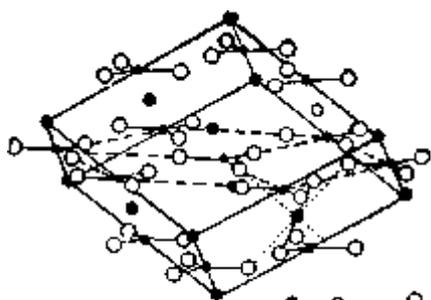
Флюорит (плавиковый шпат),  $\text{CaF}_2$  Сингония кубическая. Ионы кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) расположены по закону гранецентрированного куба. Ионы фтора ( $\text{F}^-$ ) занимают центры всех малых кубов



Спайный выкол флюорита в форме октаэдра, замкнутая спайная форма

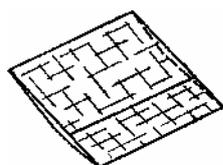


Молибденит (молибденовый блеск), MoS<sub>2</sub>  
 Сингония гексагональная, кристаллическая структура слоистая. Ионы молибдена (Mo<sup>2+</sup>) и ионы серы (S<sup>-</sup>) образуют плоские сетки. Характер кристаллической решетки обуславливает совершенную спайность, параллельную базальной плоскости



Кальцит (известковый шпат), CaCO<sub>3</sub>  
 Кристаллическая решетка тригональная. Кристаллическая структура в элементарной ячейке спайного ромбоэдра состоит из ионов кальция (Ca<sup>2+</sup>) и карбонат-ионов [CO<sub>3</sub>]<sup>2-</sup>. Оба типа ионов располагаются как бы в гранецентрированных решетках

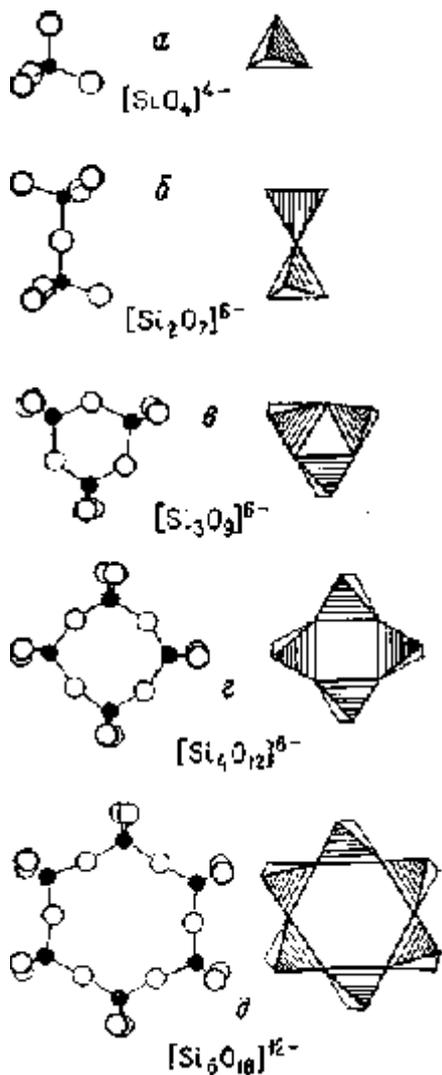
Спайный выколоч кальцита, замкнутая спайная форма (ромбоэдр). Примеры: кальцит, доломит, магнезит, сидерит и др.



Открытая спайная форма, листоватость, свойственная слюдястым минералам. Примеры: мусковит, биотит, хлорит



Примеры структур силикатных минералов (анионные комплексы) На рис. (а) и (б) изображены изолированные группы кремнекислородных тетраэдров, представленные двумя различными видами (а) Отдельный изолированный тетраэдр [SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup>(б) Группа из двух тетраэдров, связанных между собой общим углом, с формулой [Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>]<sup>6-</sup>



(в) Группа из трех тетраэдров, соединенных в кольцо, с формулой  $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$

(г) Группа из четырех тетраэдров, соединенных в кольцо, с формулой  $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$

(д) Группа из шести тетраэдров, соединенных в кольцо, с формулой  $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$

Многие соединения встречаются в различных структурных типах, так что разные минеральные виды обнаруживают в этом случае одинаковый состав. Такое явление называется полиморфизмом, а химически идентичные минералы, различающиеся структурой кристаллической решетки, — полиморфными модификациями, например пирит и марказит (оба имеют состав  $\text{FeS}_2$ ).

Рамки данного карманного справочника позволяют привести лишь ограниченные (но важные!) сведения о многообразии кристаллических форм и о специальных, базирующихся на математической теории принципах классификации кристаллов. Более подробные данные по этому вопросу читатель найдет в разделе «Кристаллографические свойства минералов», написанном д-ром В. Шмицем.

Для графических построений и в классификационных целях минералогии и кристаллографы используют кристаллографические оси и осевые системы. В зависимости от длины отрезков, отсекаемых на кристаллографических осях, и взаимного расположения этих осей различают семь осевых систем (см. приложение 1А) [В отечественной литературе употребляется термин сингония», который мы и будем использовать в дальнейшем. — Прим. перев.].

*Триклинная сингония.* Три оси разной длины пересекаются под косыми углами; например известково-натриевые полевые шпаты (плаггиоклазы).

*Моноклидная сингония.* Две оси разной длины пересекаются под косым углом, третья ось составляет с ними прямой угол, например ортоклаз, авгит, слюда и гипс.

*Ромбическая сингония.* Три оси разной длины пересекаются под прямыми углами; например оливин, энстатит, топаз, ангидрит, барит и сера.

*Тетрагональная сингония.* Два отрезка оси одинаковой длины пересекаются под прямым углом, третья ось перпендикулярна им, и отсекаемый на ней отрезок имеет иную длину, например рутил, циркон, касситерит и халькопирит.

*Тригональная сингония.* Три отрезка осей равной длины пересекаются в одной плоскости под углом  $60^\circ$ , третья ось перпендикулярна этой плоскости, и отсекаемый на ней отрезок имеет иную длину, например каль-

цит.

*Гексагональная сингония.* Положение осей аналогично их положению в тригональной сингонии, например кварц (высокотемпературный), берилл, апатит, снег и лед.

*Кубическая сингония.* Три равновеликие оси пересекаются под прямым углом, например каменная соль, алмаз, магнетит, пирит, хромит, галенит, золото и гранат.

Для определения сингонии кристалла важным признаком является форма выделения минерала. Изометричные, порой округленные зерна минерала, вкрапленные в агрегат других минералов, позволяют предположить для него кубическую сингонию. Так выглядит, например, гранат в слюдястом сланце или лейцит в фолитах, трахитах или базальтах. У большинства кристаллов гексагональной, тригональной, тетрагональной, ромбической, моноклинной или триклинной сингонии преобладает призматический габитус. Грани, ориентированные параллельно оси *c*, обычно называют призматическими. Хорошо образованные призматические грани характерны, например, для монокристаллов кварца, берилла, топаза, турмалина, кальцита, арагонита, дистена, ставролита и др. Другие формы этих сингоний могут иметь таблитчатый или пластинчатый габитус, параллельный оси *c*.

У хорошо образованных некубических кристаллов важны базальные и пирамидальные грани, определяющие различия их облика. Для высокотемпературного кварца характерна гексагональная бипирамида, для апатита характерны притупления базисной грани. Для моноклинного ортоклаза характерны резко выраженные грани диэдра, расположенные параллельно оси *a*. К этим главным граням часто присоединяются специфические для разных сингоний второстепенные грани, усложняющие форму кристалла. Так, у кристаллов тригонального кварца наряду с гранями тригональной призмы присутствуют грани трапецоэдра, у гексагонального апатита и берилла — многочисленные второстепенные грани и т. д. Все эти кристаллографические признаки минералов имеют особое значение. Они часто позволяют установить, при каких физико-химических условиях образовался тот или иной минерал. Вместе с тем появление определенных граней может быть характерно для минерала из конкретного месторождения и может указывать на определенный минеральный парагенезис.

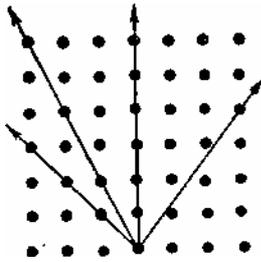
Эти наблюдающиеся на кристаллах минералов комбинации граней создают его характерную *естественную огранку*, а общая конфигурация определяет его *габитус*. Так, например, апатиты, образовавшиеся в диапазоне температур 550—300 °С, кристаллизуются в виде короткопризматических кристаллов, а апатиты в гранитах, образующиеся при температурах выше 700 °С, имеют тонкоигловчатый габитус. Аналогичная картина наблюдается и в случае калиевых полевых шпатов: полевые шпаты, являющиеся составной частью магматических пород, образуются при температурах выше 700°С (санидин, ортоклаз), пегматитовые калиевые полевые шпаты — примерно при 600—550°С (ортоклаз), а гидротермальные, такие, как адуляр, кристаллизуются в интервале температур 300—100 °С; соответственно различен и облик этих полевых шпатов, возникших в различной геологической обстановке.

## КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Важным диагностическим признаком минералов является внешний облик их выделений (морфология). Закономерности кристалломорфологии составляют предмет кристаллографии [Точнее, специального раздела кристаллографии и минералогии — онтогении минералов. — *Прим. перев.*], которая, отделившись от минералогии в XIX в., развивалась в дальнейшем как самостоятельная наука.

Каковы же различия между кристаллом и минералом? Можно сказать, что, за редкими исключениями, минералы являются кристаллическими веществами. В качестве минералов выступают лишь вещества, устойчивые при нормальных условиях. Неустойчивые соединения через какой-то промежуток времени переходят в более стабильные. Таким образом, число минералов ограничено. Гораздо большее число кристаллов может быть получено искусственным путем и сохранено в условиях изоляции. Очевидно, что законы кристаллографии распространяются и на мир минералов.

Что же характеризует кристалл или кристаллическое состояние вообще? Во-первых, кристаллическое вещество должно иметь однородный химический состав, т. е. быть гомогенным. Вторым его важным свойством является анизотропия, под которой понимается различие физических свойств вдоль разных направлений в кристалле. У некоторых кристаллов различаются даже направления и противонаправления, как, например, у турмалина, концевые грани которого могут в одном направлении постоянно нести положительные электрические заряды, а в обратном — отрицательные [Возникающие при трении или нагревании. — *Прим. перев.*]. Анизотропия кристаллов обусловлена их атомным строением. В различных направлениях расстояния между атомами различны.



**Рис. 4. Упорядоченное атомное строение кристалла обуславливает различное расстояние между атомами в разных направлениях.**

Все доступные для измерения свойства кристаллов, такие, как характер прохождения света, теплопроводность, электропроводность и др., определяются анизотропией.

Свободно висящей капле жидкости свойственна форма шара. Свободно выросший кристалл никогда не будет иметь такой формы. Он ограничен от своего окружения гранями, углами и ребрами. У многих кристаллов наблюдаются разные размеры в трех различных направлениях. Полиэдрический (многогранный) облик кристаллов, выросших из расплавов, растворов или паров, где отсутствуют пространственные ограничения, также является следствием анизотропии. Газы, жидкости или стекла не имеют кристаллического строения: они обладают одинаковыми свойствами во всех направлениях. Их называют изотропными веществами. А вот столь ценный «хрусталь» (свинцовое стекло), будучи стеклом, носит свое название не по праву [Слово «хрусталь» представляет собой искаженное слово «кристалл»; по-немецки оба слова звучат одинаково. — *Прим. перса.*]!

Однако часто по внешнему облику кристаллов нельзя предположить, что их свойства различны в разных направлениях. Нередко кристаллы выглядят так, будто они состоят из зеркально-равных частей. При повороте кристаллов большинства минералов на определенный угол многократно наблюдается один и тот же облик кристаллов. Действительно, кристаллы обладают свойствами, ограничивающими их анизотропию. Существуют направления, вдоль которых проявляются одинаковые свойства. Такие кристаллы называются симметричными. Под симметрией в общем смысле понимается закономерное повторение какого-либо одного мотива. Это определение нарочито дано в такой общей форме, поскольку под термином «мотив» следует понимать все свойства и их взаимодействия в кристалле. Сюда относятся в обязательном порядке положение граней, углов и ребер у кристаллического многогранника, а также физические и химические свойства кристалла.

Различают элементы симметрии нульмерные, одномерные и двумерные. Сочетание элементов симметрии лежит в основе принципа классификации кристаллов, выделения кристаллографических классов (видов) и кристаллографических сингоний.

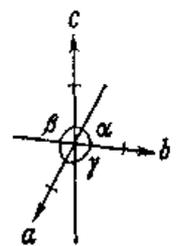
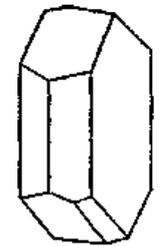
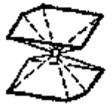
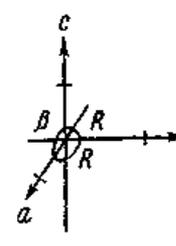
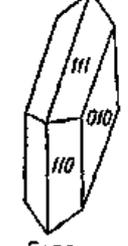
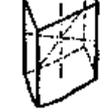
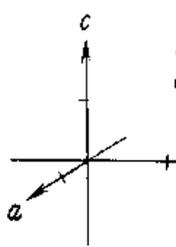
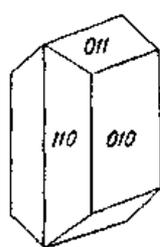
Нульмерным элементом симметрии является центр симметрии (символ  $Z$ , или 1); (читается: единица с минусом). Он обуславливает наличие у каждой грани кристалла параллельной ей противоположной грани, получаемой при помощи зеркального отражения этой грани в точке (операция называется инверсией).

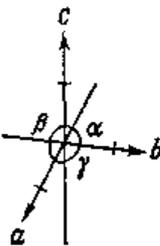
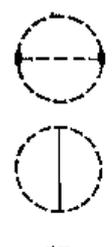
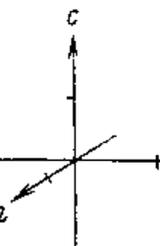
Одномерные элементы симметрии — это повторные оси (оси симметрии), которые приводят кристалл к совмещениям с самим собой путем вращения на определенный угол. Они носят обозначения 1, 2, 3, 4 и 6. Их углы вращения вычисляются путем деления  $360^\circ$  на 1, 2 и т. д. Так получают углы  $360^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $60^\circ$ . Тройная ось симметрии обуславливает, например, тот факт, что кристалл кварца, повернутый на  $120^\circ$ , снова демонстрирует тот же облик.

Двумерным элементом симметрии является плоскость зеркального отражения, или плоскость симметрии (символ  $\sigma$ ), разделяющая кристалл на зеркально-равные части. Способы действия элементов симметрии и их распределение по отдельным кристаллографическим классам показаны в табл. 2.

Показательно, что у многих минералов проявляется несколько аналогичных или разнородных элементов симметрии. Строгий вывод, который здесь опущен, доказывает, что всего существует 32 класса симметрии, отличающихся либо отдельными элементами симметрии, либо их допустимыми закономерными сочетаниями. Каждый минерал и каждый кристалл относятся лишь к одному из 32 классов симметрии.

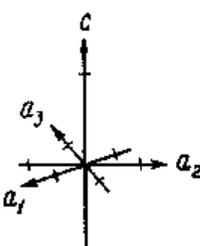
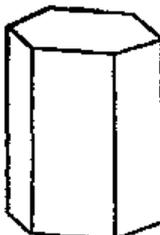
Таблица 2

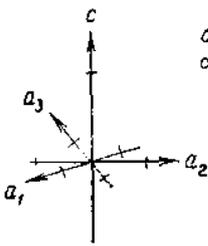
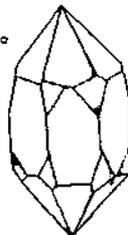
Класс симметрии		Сингония	
  <p><math>C_3 - \bar{1}</math> Триклинно-моноклинический (педиальный)</p>	Триклинная	 <p><math>a \neq b \neq c</math> <math>\alpha + \beta + \gamma \neq 90^\circ</math></p>  <p>Альбит</p>	
  <p><math>C_3 - \bar{1}</math> Триклинно-пинакоидальный</p>			
  <p><math>C_2 - 2</math> Сфеноидальный (дидрический, осевой) <math>f \rho -</math></p>	Моноклиная	 <p><math>a \neq b \neq c</math> <math>\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ</math></p>  <p>Гипс</p>	
  <p><math>C_2 - m</math> Моноклинодоматический (дидрический, безосный) - <math>1m</math></p>			
  <p><math>C_2h - 2/m</math> Призматический <math>f \rho 1m \circ</math></p>			
Класс симметрии		Сингония	
  <p><math>D_2 - 222</math> Ромбо-бисфеноидальный (ромботетраэдрический) <math>f \rho 1+1 \rho</math></p>	Ромбическая	 <p><math>a = b = c</math> <math>\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ</math></p>  <p>Арагонит</p>	
  <p><math>C_2v - m\bar{1}2</math> Ромбо-пирамидальный <math>f \rho 1+1m</math></p>			
  <p><math>D_{2h} - m\bar{1}m</math> Ромбо-бипирамидальный <math>f \rho 1+1 \rho 1+1m \circ</math></p>			
<p>  двойная   тройная   четверная   шестерная         </p>		<p>  Четверная инверсионная ось   <math>i</math>, центр инверсии   <math>m</math>, плоскость зеркального отражения         </p>	
<p>  Ось симметрии (<math>\rho</math>, полярная)         </p>			

Класс симметрии		Сингония
		<p><b>Триклинная</b></p> <p><math>a \neq b \neq c</math> <math>\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ</math></p>  <p><b>Альбит</b></p>
		
		<p><b>Ромбическая</b></p> <p><math>a = b = c</math> <math>\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ</math></p>  <p><b>Арагонит</b></p>
		

<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ двойная</li> <li>▲ тройная</li> <li>■ четверная</li> <li>● шестерная</li> </ul>	}	<p>Ось симметрии (<math>p</math>, полярная)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Четверная инверсионная ось</li> <li>○ <math>i</math>, центр инверсии</li> <li>— <math>\pi</math>, плоскость зеркального отражения</li> </ul>
--	---	---	---

Класс симметрии		Сингония
		<p>Гексагональная</p>  <p><math>a = b \neq c</math> <math>\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ</math></p>  <p>Нефелин</p>
		
		
		
		
		
		
	<p><math>C_6 - 6</math> Гексагонально-пирамидальный <math>1 \bullet 6</math></p> <p><math>C_{3h} - 6</math> Тригонально-бипирамидальный <math>1 \blacktriangle 1m</math></p> <p><math>C_{6h} - 6/m</math> Гексагонально-бипирамидальный <math>1 \bullet 1m \circ</math></p> <p><math>D_6 - 6/22</math> Гексагонально-трапецоэдрический <math>1 \bullet 3+3 \blacktriangle</math></p> <p><math>C_{6v} - 6/m</math> Гексагонально-пирамидальный <math>1 \bullet 6 3+3m</math></p> <p><math>D_{3h} - 6/2m</math> Дитригонально-бипирамидальный <math>1 \blacktriangle 3 \uparrow 1+3m</math></p> <p><math>D_{6h} - 6/m</math> Дигексагонально-бипирамидальный <math>1 \bullet 3+3 \blacktriangle 1+3+3m \circ</math></p>	

Класс симметрии		Сингония
		<p>Тригональная</p>  <p><math>a = b \neq c</math> <math>\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ</math></p>  <p>Кварц (двойник)</p>
		
		
		
		
	<p><math>C_3 - 3</math> Тригонально-пирамидальный <math>1 \blacktriangle 3</math></p> <p><math>C_{3i} - 3</math> Тригонально-ромбоэдрический <math>1 \blacktriangle \circ</math></p> <p><math>D_3 - 3/2</math> Тригонально-трапецоэдрический <math>1 \blacktriangle 3 \uparrow 3</math></p> <p><math>C_{3v} - 3m</math> Дитригонально-пирамидальный <math>1 \blacktriangle 3 3m</math></p> <p><math>D_{3d} - 3/2m</math> Дитригонально-ромбоэдрический <math>1 \blacktriangle 3 \uparrow 3m \circ</math></p>	

Класс симметрии		Сингония
		<p><math>a = b \neq c</math> <math>\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ</math></p> <p>Циркон</p>
$C_4 - 4$ Тетрагонально-пирамидальный $1 \blacksquare p$	$S_4 - 4$ Тетрагонально-тетраэдрический (тетрагонально-бисфеноидальный) $1 \blacksquare$	
$C_{4h} - 4/m$ Тетрагонально-бипирамидальный $1 \blacksquare 1m \circ$	$D_4 - 422$	
$C_{4v} - 4mm$	Тетрагонально-тригональный $1 \blacksquare 2+2 \uparrow$	
$D_{2d} - 42m$	Тетрагонально-скаленоэдрический $1 \blacksquare 2 \uparrow 2m$	
$D_{4h} - 4/mmm$	Дитетрагонально-бипирамидальный $1 \blacksquare 2+2 \uparrow 1+2+2m \circ$	

Класс симметрии		Сингония
		<p><math>a = b = c</math> <math>\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ</math></p> <p>Комбинация куба, октаэдра и ромбододекаэдра</p>
$T - 23$ Тетраэдрический (пентагон-три тетраэдрический) $3 \blacktriangle 4 \blacktriangle p$	$T_h - m\bar{3}$ Дододекаэдрический $3 \blacktriangle 4 \blacktriangle 3m \circ$	
$O - 432$ Гирондрический (пентагон-триоктаэдрический) $3 \blacksquare 4 \blacktriangle 6 \uparrow$	$T_d - \bar{4}3m$ Гексатетраэдрический $3 \blacksquare 4 \blacktriangle p 6 \uparrow$	
$O_h - m\bar{3}m$ Гексоктаэдрический $3 \blacksquare 4 \blacktriangle 6 \uparrow 3+6m \circ$		

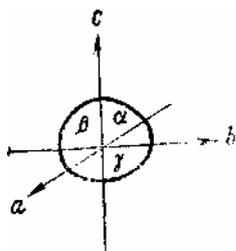


Рис. 5.

Нижеследующее сопоставление иллюстрирует три ныне еще употребительные системы обозначений (символов) классов симметрии.

Пример:  $C_{4h} - 4/m$  — тетрагонально-бипирамидальный.  $C_{4h}$  — это символ по Шенфлису,  $4/m$  — по

Герману — Могену. Последнее обозначение исходит из обобщенной кристаллографической формы и ведет свое начало от Грота. Система обозначений по Герману — Могену (интернациональная символика) получает все более широкое распространение. 32 класса симметрии распределяются по шести кристаллографическим сингониям, которые вследствие своей малочисленности и более легкой распознаваемости являются, конечно, более наглядными. А сами сингонии выводятся из общих законов симметрии.

Что понимают под сингонией? Она выводится из мысленно помещенной внутри кристалла системы координатных кристаллографических осей, причем соотношение длин отрезков по осям и величина углов между ними строго определенные для каждой сингонии. Установка системы кристаллографических осей всегда производится таким образом, что к наблюдателю обращена ось  $a$ , направо располагается ось  $b$ , а вверх направлена ось  $c$ . Между осями  $a$  и  $b$  заключен угол  $\gamma$ , между осями  $a$  и  $c$  — угол  $\beta$ , а между осями  $b$  и  $c$  — угол  $\alpha$  (рис. 5).

Каждая сингония охватывает несколько классов симметрии (см. сопоставление в табл. 2). Сравнительный обзор показывает, что каждый класс легко подчинить соответствующей сингонии, поскольку каждая сингония характеризуется определенным набором элементов симметрии. В триклинной сингонии может присутствовать в качестве элемента симметрии только  $1$  — ось идентичности (вращение на  $360^\circ$ ) или  $1$  как нульмерный элемент симметрии. В моноклинной сингонии существует три класса симметрии, характеризующиеся наличием двойной оси симметрии, плоскости симметрии или комбинацией обоих элементов. При сочетании трех двойных осей или плоскости симметрии возникает ромбическая сингония. Четверная ось симметрии характеризует тетрагональную, шестерная — гексагональную и тройная — тригональную сингонию. Последняя рассматривается как подсистема гексагональной. Кубическая сингония определяется присутствием тройных осей симметрии, которые, однако, в отличие от тригональной сингонии во всех классах кубической сингонии в обозначениях ставятся на второе место.

Примеры: 432 — кубическая, 422 — тетрагональная, или 23 — кубическая, 32 — тригональная.

Следует, однако, показать яснее, что кристаллографические сингонии определяются непосредственно симметрией кристаллов. Наличие тетрагональной оси симметрии предопределяет условие  $a=b$ , угол между этими осями равен  $90^\circ$ . Ведь если вращение на  $90^\circ$  должно привести к идентичной картине, необходимо, чтобы отрезки по обеим осям были одинаковы. Аналогичные соотношения имеют место в гексагональной сингонии. В кубической сингонии соответственно три двойные или четверные оси симметрии связаны с четырьмя тройными осями, располагающимися вдоль пространственных диагоналей куба; обе системы осей пересекаются под характеристическим углом  $54^\circ 44'$ .

Следует поставить важный вопрос, обсуждение которого еще более прояснит соотношения между сингонией, классом симметрии и элементом симметрии. Расположены ли элементы симметрии в кристалле произвольно или и здесь выявляются закономерные соответствия? Оказывается, что элементы симметрии тесно связаны с кристаллографическими осями. Для отдельных сингонии установлены следующие главные направления (параллельные лучу зрения):

Сингония	Главные направления
Триклинная	Отсутствуют
Моноклинная	Ось $b$
Ромбическая	Ось $a$ , ось $b$ , ось $c$
Тетрагональная	
Гексагональная (Тригональная)	Ось $c$ , оси $a$ , биссектриса угла между осями $a$
Кубическая	Оси $a$ , пространственные диагонали куба, диагонали граней куба

Главными направлениями в кристалле называются направления, в которых располагаются элементы симметрии. Отсюда следует, что элементы симметрии могут находиться только в строго определенных направлениях.

В триклинной сингонии главное направление не установлено, поскольку придавать направление оси идентичности  $1$  или  $1$ , т. е. точке, было бы бессмысленно. В моноклинной сингонии достаточно одного направления и для класса  $2/m$ , поскольку эта комбинация оси и плоскости располагается в кристалле таким образом, что нормаль (перпендикуляр) к двойной оси ориентирована параллельно плоскости симметрии. Для других сингонии необходимо указывать три главных направления, хотя в кристаллах этих сингонии может присутствовать большое количество направлений, но два или даже три из них являются равноценными (например, в тетрагональной сингонии  $a=b$  или в кубической  $a = b = c$ ), так что указание одного из таких направлений включает в себя и остальные, ему адекватные.

Поскольку каждый класс симметрии подчиняется какой-либо одной сингонии, с помощью главных направлений определяется положение элементов симметрии в пространстве. Само собой разумеется, что существует и обратная связь, в соответствии с которой кристаллографическим осям отвечают определенные

элементы симметрии. Примеры:

Класс симметрии	Сингония	Положение элементов симметрии
2/m	Моноклинная	$2 \parallel b \perp m \perp b$
2/m 2/m 2/m	Ромбическая	$2 \parallel a 2 \parallel b 2 \parallel c$
4/m 2/m 2/m	Тетрагональная	$m \perp a \perp m \perp b \perp m \perp c \quad 4 \parallel c \quad 2 \parallel a, b \quad 2 \parallel$ биссектрисам углов между осями $a \perp c \perp a$ , $b \perp m \perp$ биссектрисам углов между осями $a$
6	Гексагональная	$6 \parallel c$
432	Кубическая	$4 \parallel a, b, c \quad 3 \parallel$ четырем пространственным диагоналям куба $2 \parallel$ шести диагоналям граней куба

$\parallel$  — параллельно

$\perp$  — перпендикулярно

Пример класса 6 показывает, что не в каждом классе симметрии все главные направления соответствующей сингонии сопровождаются элементами симметрии.

Внешнюю огранку кристаллов составляют грани, ребра и углы, которые связаны между собой соотношением Эйлера: число граней + число углов = число ребер + 2.

Подобно элементам симметрии следует привести также грани и ребра кристаллов в соответствие с кристаллографическими осями и тем самым с элементами симметрии.

Легко представить, что каждая грань, рассматриваемая в пространстве, заключенном в систему координатных осей, должна отсекают, пересекать одну, две или три оси. Различают ряд положений граней, представленных на рис. 6.

Ребра кристаллов также обозначаются тройным индексом: ось  $a$  и все параллельные ей ребра имеют индекс  $[100]$ , ось  $b$  —  $[010]$  и ось  $c$  —  $[001]$ .

Общий символ грани, пересекающей все три оси, —  $(hkl)$ , ребра —  $[uvw]$ . Обратите внимание на различную форму скобок!

Необходимо упомянуть еще одну особенность. Если грань отсекает на оси  $a$  одну часть, на оси  $b$  — две части и располагается параллельно оси  $c$ , то ее индекс будет не  $(120)$ , а  $(210)$ . Для индцирования граней, согласно Миллеру, применяются обратные значения для длин отрезков по осям. Грань отсекает отрезки  $a, b$  и  $c$  в отношении  $1 : 2 : \infty$ . Обратные значения составляют  $1/1 : 1/2 : 1/\infty$ , а приведенные к целым числам —  $(210)$ .

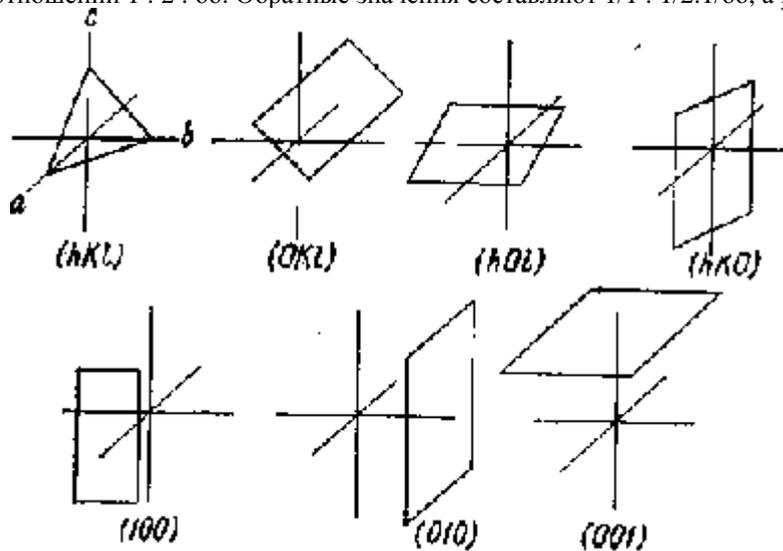


Рис. 6.

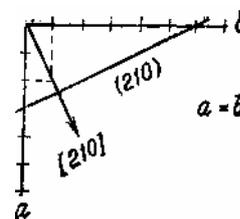


Рис. 7.

Для индцирования ребер, наоборот, используется прямое отношение отрезков. Благодаря применению обратных и прямых отрезков достигается одинаковое написание индексов для некоторых граней и нормалей к ним (рис. 7).

Для грани в общем положении принимается индекс  $(hkl)$ , а для соответствующих ребер —  $[uvw]$ . Какие числа скрываются за этими буквенными обозначениями? Это малые числа (целые), часто 1 и 0, реже 2. Числа больше 2 почти не появляются в обозначениях индексов граней и ребер. Тот факт, что длины отрезков, отсекаемых гранями или ребрами на трех основных осях [Отрезки, отсекаемые гранью по кристаллографическим осям, в отечественной литературе принято называть параметрами этой грани. — Прим. перев.], относятся между собой как малые целые рациональные числа, носит название в кристаллографии

закона рациональности отношений параметров. Необходимо подчеркнуть, что абсолютные значения величин, между которыми определяют отношения, не во всех случаях одинаковы. Для ромбической сингонии  $a \neq b \neq c$ . Это означает для грани (111) ромбического кристалла различные абсолютные значения отрезка, отсекаемого по каждой оси, но равное количество этих отрезков по  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Так что получается отношение  $1a:1b:1c$ . По равенству или неравенству величин или длин отрезков по  $a$ ,  $b$  и  $c$  определяют кристаллографические сингонии.

Прямое отношение  $a : b : c$ , упрощенно  $a : 1 : c$ , обозначается как геометрическое осевое отношение. В кубической сингонии оно составляет, естественно,  $1 : 1 : 1$ , в тетрагональной и гексагональной  $1 : 1 : c$ , а начиная с ромбической и в сингониях с более низкой симметрией —  $a : 1 : c$ . Осевое отношение является константой вещества. Если мы знаем это отношение и установили, что оно равно таковому известному минерала, тогда с полной уверенностью можно говорить об идентичности обоих минералов.

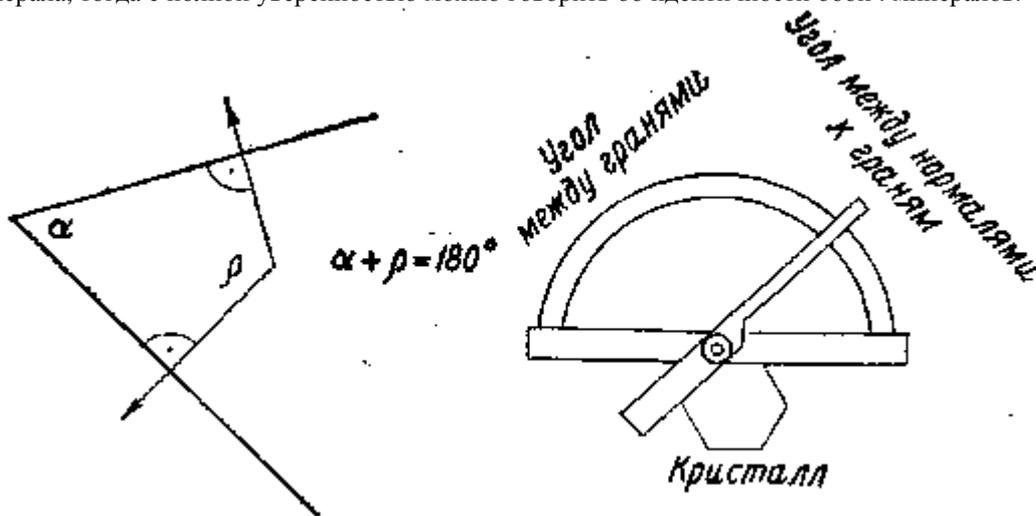


Рис. 8.

В заключение следует познакомить любителей минералов с методом, который позволяет во многих случаях более точно диагностировать минералы, но о котором, однако, в большинстве определителей минералов не упоминается. В описаниях минералов в данной книге наряду с сингонией приведены также класс симметрии и геометрическое осевое отношение, что облегчает возможность сравнения. Если минералы встречаются в искаженных формах, то сингония и тем более класс симметрии определяются лишь с трудом. Но искажение не затрагивает углов между кристаллографическими гранями. Углы между одинаковыми гранями кристалл-всегда одинаковы. Установлением этого закона постоянства углов Стенной в 1669 г. заложил основы кристалле графин. Углы между кристаллографическими гранями измеряются гониометром. Следует различать гранные углы и углы между нормальными к граням. Первые дополняют вторые до  $180^\circ$ . С помощью простого прикладного гониометра, который легко изготовить из транспортира и полоски картона, при аккуратной работе могут быть измерены углы с точностью до  $\pm 1^\circ$ . Соответствующие грани минерала крепко зажимают между транспортиром и картонной линейкой (рис. 8) и считывают значение угла между нормальными к граням. Необходимо учитывать, что последующие вычисления действительны только для углов между нормальными к граням.

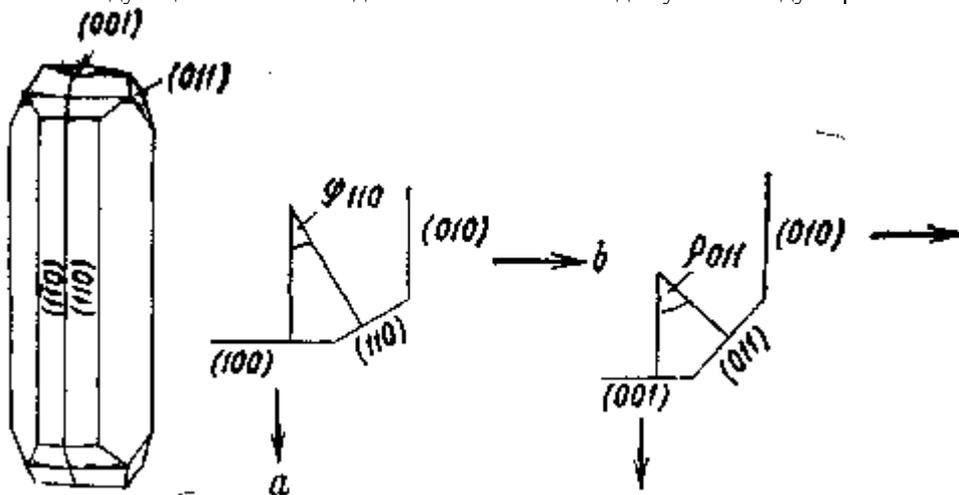


Рис. 9.

Что вообще подлежит вычислению? Не что иное, как геометрический индекс минерала — его осевое отношение  $a : 1 : c$ . Согласно закону рациональности отношений параметров, у кристалла следует ожидать наличия граней с малыми индексами. Углы между нормальными к граням (110) и (100) и (011) и (001) дают возможность очень просто вычислить осевое отношение. Поскольку отношение  $a : b : c$  может быть выражено как  $a : 1 : c$ , его можно записать также в виде  $a/b$  и  $c/b$ , тем самым придав вычислению большую наглядность. В ромбическом кристалле, например в топазе, измерению подлежат следующие углы. Принимая во внимание только кристаллографические оси и линию их пересечения со следом граней (НО) и (011), мы получаем треугольники с углами  $\phi$  и  $\rho$  (рис. 9). Отношение  $a/b$  задается тангенсом  $\phi$ , а отношение  $c/b$  — тангенсом  $\rho$  (рис. 10).

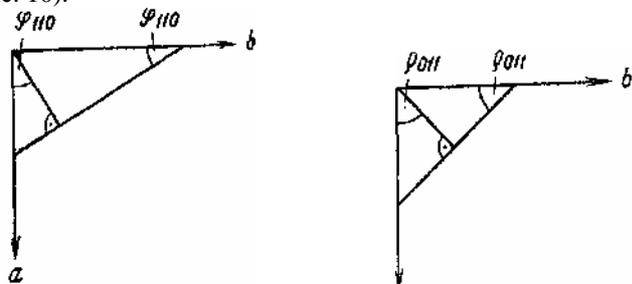


Рис. 10.

Требуется, следовательно, измерить прикладным гониометром только углы между нормальными к соответствующим граням и взять из таблиц логарифмов значения тангенсов этих углов. В результате получаем геометрическое осевое отношение, которое после установления углов переписывается следующим образом:

$$a : 1 : c = \operatorname{tg} \phi_{(110)} : 1 : \operatorname{tg} \rho_{(011)}.$$

У ромбического топаза были измерены угол между нормальными к (100) и (110), равный  $\phi_{110} = 27,9^\circ$ , и угол между нормальными к (011) и (001), равный  $\rho_{011} = 43,7^\circ$ . Из этих данных через  $\operatorname{tg} 27,9^\circ : 1 : \operatorname{tg} 43,7^\circ$  получаем геометрические осевые отношения  $0,529 : 1 : 0,955$ .

Если на кристалле отсутствуют грани (100) или (001), то углы  $\phi$  и  $\rho$  можно получить также делением пополам углов между двумя гранями (10) и (011) (рис. 11).

В основе вычислений лежит предположение, что кристалл имеет грани, пересекающие две оси  $a$  и  $b$  или  $c$  и  $b$ , поскольку ось  $b$  принята за единицу. Углы между нормальными к граням (100), (010) и (001) не дают осевого отношения. Они указывают на сингонию и составляют  $90^\circ$  в ромбической, тетрагональной и кубической сингониях,  $60^\circ$  в одной плоскости гексагональной сингонии. В триклинной сингонии во всех плоскостях и в моноклинной в одной плоскости эти углы между нормальными отличаются от  $90$  и  $60^\circ$  и являются характеристическими для каждого минерала. Они связаны с углами между осями. Вычислять их здесь не представляется возможным. Точно так же расчет осевого отношения из углов между нормальными к граням (111) или произвольными гранями  $(hkl)$  приходится оставить на долю учебников кристаллографии.

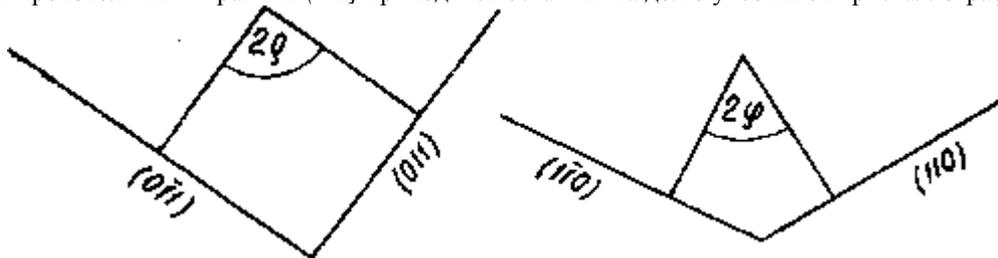


Рис. 11.

Иногда на кристаллах грани (НО) и (011) отсутствуют, но появляются грани (120) или (210) либо (012) или (021), которые в ряде случаев встречаются и наряду с гранями (110) и (011), так что выбор граней для измерения затрудняется и правильность индирования может быть установлена только расчетным путем. Согласно закону рациональности отношений параметров, осевое отношение, вычисленное по данным ложного индирования, должно допускать преобразование в правильное путем умножения или деления на малые целые числа. Поэтому мы записываем в более общей форме:

$$a : 1 : c = \frac{h}{k} \operatorname{tg} \phi_{hko} : 1 : \frac{l}{k} \operatorname{tg} \rho_{0kl}.$$

Для случая вычисления отношения, исходя из граней (210) и (021) и соответствующих им углов между нормальными, это означает

$$\operatorname{tg} \phi_{210} : 1 : \operatorname{tg} \rho_{021} = 2a : 1 : \frac{1}{2} c.$$

У топаза были измерены угол между нормальными к (100) и (210), равный  $\phi_{210} = 14,8^\circ$ , и угол между нормальными к (001) и (021), равный  $\rho_{021} = 62,3^\circ$ . Из этих данных через  $\operatorname{tg} 14,8^\circ : 1 : \operatorname{tg} 62,3^\circ$  получаем геометрические осевые отношения  $0,264 : 1 : 1,905$ .

Легко увидеть, что, удвоив значение  $a$  и взяв половину значения  $c$ , мы получим искомое осевое отношение.

Поскольку на гранях кристаллов, конечно, не написаны их индексы, правильное индицирование не всегда будет легко удаваться любителям, а в некоторых случаях, вероятно, вообще окажется невозможным. Поэтому, если полученное осевое отношение легко сопоставляется с приведенным в данном определителе путем умножения или деления на малые целые числа, вы можете быть верными в правильности определений. Если на обломках кристаллов можно измерить лишь немногие углы и нельзя определить осевое отношение полностью, то же знание только  $a/b$  или  $c/b$  дает ценные диагностические указания.

Вывод вычислительных формул базируется на использовании прямоугольных треугольников, поэтому он действителен, строго говоря, лишь для прямоугольных сингоний. С некоторыми ограничениями по точности область применения формул может быть расширена. Хороший прикладной гониометр работает с точностью  $\pm 1^\circ$ . Вычисление осевого отношения, полученного с помощью этого измерительного прибора, с точностью большей, нежели до одного знака после запятой, имеет мало смысла. В пределах такой точности по приведенным формулам можно вычислять осевые отношения и большинства триклинных или моноклинных минералов. Большие неточности возникают в тех случаях, когда углы между осями резко отклоняются от  $90^\circ$ . Для тетрагональных минералов  $a = b$ , поэтому  $a : 1 : c = 1 : 1 : c$ , и формула упрощается до  $c/a = \operatorname{tg} \rho_{011} = \operatorname{tg} \rho_{101}$ . Вычисление применительно к гексагональной сингонии в рамках этой книги не может быть приведено. В подобных случаях следует ограничиться измерением характеристических углов  $60^\circ$  как отправной точки для выбора сингоний.

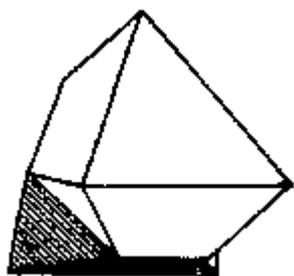
Осевое отношение всех кубических кристаллов постоянно и равно 1:1:1. В этой сингонии полезно знать некоторые характеристические углы, располагающиеся в трех плоскостях, которые не могут встретиться в такой форме в других сингониях. Наряду с углами  $90^\circ$  и  $45^\circ$  появляются углы  $60^\circ$  между гранями ромбододекаэдра,  $55^\circ$  между гранями куба и октаэдра,  $35^\circ$  между гранями октаэдра и ромбододекаэдра, а также  $110^\circ$  или  $70^\circ$  между гранями октаэдра. Если в двух или даже трех взаимно перпендикулярных направлениях измерены такие углы, то кристалл однозначно является кубическим. Это, конечно, относится только к специфическим для кубической сингонии углам, т. е. не к углам  $90^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $60^\circ$ , которые могут встретиться и в других кристаллографических системах.

Современный кристаллограф, вооруженный чувствительными измерительными приборами и методикой прецизионных вычислений, способен однозначно и очень точно определить каждый кристалл и любой минерал. Цель настоящего раздела — дать первоначальное представление о проблемах, возникающих перед исследователями кристаллов.

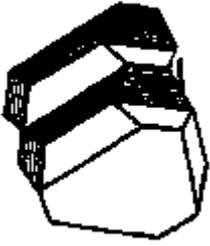
## ДВОЙНИКИ

В мире минералов широко распространены двойники и сростки (табл. 3). Эти агрегаты часто можно распознать по входящим углам у кристаллов. Существует ряд простых и сложных двойников. Так, у полевых шпатов карлсбадские двойники представляют собой простые двойники срастания, а манебахские двойники — это пример сложного двойникового вания. Другой формой двойникового вания являются двойники прорастания, часто наблюдающиеся, например, у флюорита. Наряду с двойниками существуют также тройники и полисинтетические двойники, например у арагонита и др. Кроме того, у ставролита, у авгита из базальтов и у ряда других минералов наблюдаются крестообразные двойники.

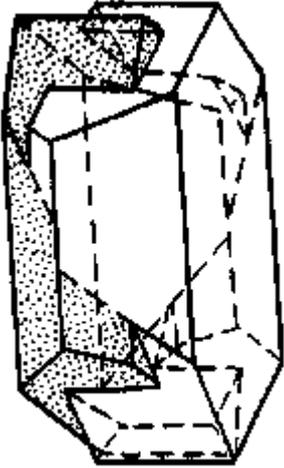
ТАБЛИЦА 3  
ДВОЙНИКИ



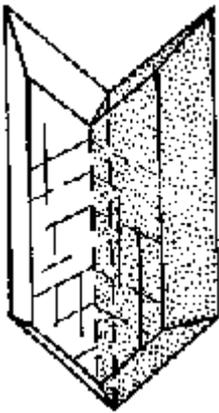
Магнетит, октаэдры, простой двойник



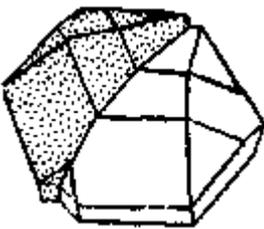
Шпинель, октаэдр, полисинтетический двойник



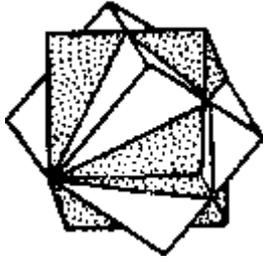
Ортоклаз, карлсбадский двойник



Гипс, двойник

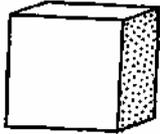


Оловянный камень (касситерит), двойник

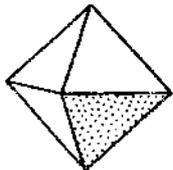


Плавиковый шпат (флюорит), двойник

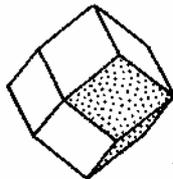
## ФОРМЫ КУБИЧЕСКОЙ СИНГОНИИ



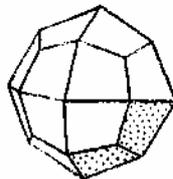
Каменная соль, куб: шестигранник



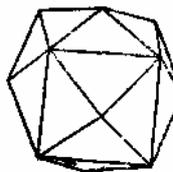
Магнетит, октаэдр: восьмигранник



Гранат, ромбододекаэдр: двенадцатигранник



Лейцит, икоситетраэдр (тетрагон-триоктаэдр); двадцатичетырехгранник (лейцитоедр)



Пирамидальный куб (двадцатичетырехгранник)

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Внешними признаками минералов наряду с формой их кристаллов являются их физические свойства: твердость, плотность, спайность, хрупкость, упругость, пластичность, ковкость, оптические свойства (например, окраска, цветная иризация, блеск, прозрачность, двупреломление), а также магнитные и электрические свойства и такие свойства, как вкус, запах и ощущение при прикосновении, т. е. восприятие минералов на ощупь гладкими, твердыми или шероховатыми. Все они позволяют определять минералы по их внешним признакам.

### НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ПОВОДУ НАИБОЛЕЕ ХАРАКТЕРНЫХ ВНЕШНИХ ПРИЗНАКОВ ГРУППИРОВКА МИНЕРАЛОВ ПО ЦВЕТУ

По цвету среди минералов различаются цветные, бесцветные и окрашенные (примесями или облучением).

*Металлические окраски:* серебряно-белая, латунно-желтая, шейсово-желтая (окраска колокольной бронзы), золотисто-желтая, бронзово-желтая, медно-красная, томпаково-бурая (цвет смуглой кожи), стально-се-рая и железно-черная.

*Бесцветными* являются водяно-прозрачные, чистые минералы (горный хрусталь и алмаз).

*Окрашенные минералы* — окраска вызывается минеральными примесями, включениями жидкости или газа, а также радиоактивным излучением.

По Бетехтину выделяются минералы — эталоны того или иного цвета, окраска которых отличается наибольшим постоянством:

Цвет	Минерал	Цвет	Минерал
Фиолетовый	Аметист	Оловянно-белый	Арсенопирит
Синий	Азурит	Свинцово-серый	Молибденит
Зеленый	Малахит	Стально-синий	Блеклая руда
Желтый	Аурипигмент	(цвета вороненой стали)	
Оранжевый	Крокоит	Железно-черный	Магнетит
Красный	Киноварь	Индигово-синий	Ковеллин
Бурый	Лимонит	Медно-красный	Самородная медь
Желто-бурый	Землистый лимонит	Латунно-желтый	Халькопирит
		Золотисто-желтый, металлический	Золото

## ГРУППИРОВКА МИНЕРАЛОВ ПО БЛЕСКУ

Рудные минералы характеризуются металлическим блеском (галенит, пирит, халькопирит и др.); различают также алмазный блеск (алмаз, сфалерит), стеклянный блеск (кварц на поверхностях граней, берилл, кальцит, полевой шпат и др.), жирный блеск (поверхность излома кварца, нефелина, серы и др.), перламутровый блеск (слюда, опал, гипс и др.), шелковистый блеск (асбест, халцедон, псиломелан), матовый блеск (полевые шпаты, землистый гематит, каолинит, псиломелан и др.).

*Специфические виды блеска или отлива.* Опалесценция (опал) — цветовые переливы в минерале, возникающие под действием падающего света, например так называемый «огонь» у огненного опала; люминесценция (фосфоресценция); флуоресценция — излучение минералом света (послесвечение), возбуждение ионов его решетки путем облучения (кварцевой лампой), нагревания или трения (флюорит, барит); цветовой отлив или металлический блик (иризация)—игра цветов на определенных плоскостях, например у анортклаза, Лабрадора, битовнита.

## ПРОЗРАЧНОСТЬ МИНЕРАЛОВ

Многие минералы (особенно «чистые», беспримесные) прозрачны, например кварц, горный хрусталь, кристаллический гипс, алмаз, другие — мутные, просвечивают, например молочный кварц, берилл, слюда. Многие рудные минералы просвечивают по краям, например сфалерит, пираргирит, и, наконец, наблюдаются абсолютно непрозрачные минералы, такие, как магнетит, хромит, галенит, золото, платина и серебро.

## РАЗЛИЧИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ЦВЕТУ ЧЕРТЫ

Цветную или не окрашенную (бесцветную) черту получают, царапая минералом с достаточным нажимом неглазурованную фарфоровую пластинку. Цвет оставляемой минералом черты дает нам указания на тот или иной минеральный вид.

Так, например, лимонит (бурый железняк) дает коричневую черту, гематит (красный железняк)—красную, магнетит (магнитный железняк)—черную. Кварц и все минералы, имеющие твердость от 7 до 10, вообще не дают черты или имеют белую (бесцветную) черту.

Во многих случаях цвет черты и цвет минерала сильно различаются.

Минерал	Окраска минерала	Окраска черты
Галенит	Серая, металлически-белая	Серовато-черная
Пирротин	Томпаково-бурая	Черная
Пирит	Шпейсово-желтая	Серовато-черная
Халькопирит	Золотисто-желтая	Зеленовато-черная

## ТВЕРДОСТЬ МИНЕРАЛОВ

В соответствии с химическим составом и строением кристаллической решетки минералы обнаруживают различную твердость. Алмаз, например, имеет чрезвычайно высокую твердость, а такие минералы, как графит, гипс и тальк, наоборот, очень мягкие и царапаются ногтем. Твердость минералов определяется по шкале твердости Мооса, включающей десять минералов. Каждый последующий (по твердости) минерал царапает более мягкий предыдущий, чем и задаются интервалы твердости.

В практике используется следующее деление: минералы с твердостью от 1 до 2 царапаются ногтем, с твердостью от 3 до 5 — острием ножа, минералами с твердостью от 6 до 7 можно царапать стекло, а минералами с твердостью от 8 до 10 — резать его.

Твердость	Типичный минерал	Чем можно поцарапать
1-2	Тальк Гипс	Ногтем
3	Исландский шпат	Медной монетой
4	Флюорит	Железным гвоздем
5	Апатит	Стеклом
6	Полевой шпат	Стальным ножом
7 8 9 10	Кварц Топаз Корунд Алмаз	Самая высокая твердость

## ПЛОТНОСТЬ МИНЕРАЛОВ

Измерение плотности минералов (в г/см<sup>3</sup>) весьма важно для их определения и прежде всего имеет практическое значение при подсчете запасов промышленных минеральных и рудных месторождений. Минералы с высокой атомной массой (такие, как серебро, золото, платина) отличаются высокой плотностью, минералы с металлическим блеском — средней, а с неметаллическим (это большей частью породообразующие минералы) — малой плотностью.

В последней группе в целом плотность возрастает с увеличением твердости.

Минерал	Плотность	Характеристика плотности
Каменная соль Гипс	2,20 2,30	Низкая плотность
Кварц Кальцит Ортоклаз	2,65 2,70 2,76	Средняя плотность

### *Продолжение*

Минерал	Плотность	Характеристика плотности
Плагиоклаз	2,61—2,78	
Биотит	2,90—3,20	

Авгит	3,30—3,50	Сравнительно высокая плотность
Амфибол	2,90—3,50	
Оливин	3,30	
Гранат	3,50—4,20	
Циркон	3,90—4,80	
Магнетит	5,20	Высокая плотность
Гематит	5,30	
Галенит	7,00	
Серебро	10,50	Очень высокая плотность
Золото	15,50—19,40	
Платина (чистая)	21,50	

## ПОВЕРХНОСТЬ ИЗЛОМА МИНЕРАЛОВ

При раскалывании минералов, лишенных спайности или обладающих плохой спайностью, возникают незакономерные поверхности излома, который по внешнему облику характеризуется как раковистый (опал), неровный (пирит), ровный (вюртцит), занозистый (актинолит), крючковатый (самородное серебро), шероховатый (диопсид) или землистый (лимонит).

## ХРУПКОСТЬ И УПРУГОСТЬ МИНЕРАЛОВ

Минералы ведут себя по-разному при различных механических воздействиях (раскалывании, царапании, резании или изгибании). Если порошок, образующийся при царапании минерала, разлетается в стороны, — минерал хрупкий (кварц, полевой шпат), если же порошок остается на месте, — минерал мягкий (талек). Минерал называется ковким, если при царапании не образуется порошка (самородная медь); пластичными считаются минералы, которые можно расплющить молотком (платина, золото, серебро), гибкими — минералы, которые после изгиба остаются в изогнутом состоянии (самородная медь, самородные благородные металлы, хлорит), упругими минералы считаются в том случае, если после снятия нагрузки минерал возвращается в первоначальное состояние (мусковит, биотит).

## СПАЙНОСТЬ МИНЕРАЛОВ

Под спайностью минералов понимают способность образовывать выколки (по трещинам), ограниченные ровными плоскостями (см. табл. 1), при механическом воздействии (удар, давление, растяжение). Поверхности спайности расположены параллельно возможным граням кристалла. Возникшие таким образом геометрически правильные тела называют спайными выколками. Спайность связывают с атомным строением — расположением атомов в кристаллической решетке. Существуют минералы с совершенной (очень хорошей), превосходной, менее отчетливой (хорошей) и плохой спайностью [В отечественной литературе принято различать весьма совершенную, совершенную, среднюю и несовершенную спайность.— *Прим. перев*]. Все минералы, в названия которых входит слово «шпат», обнаруживают более или менее хорошую спайность, как, например, полевой шпат, исландский шпат, бурый шпат, тяжелый шпат и др. Слюды и слюдистые минералы обладают весьма совершенной спайностью, перпендикулярной главной оси (оси *c*); около 50% рудных минералов имеют спайность по кубу, октаэдру или ромбодекаэдру (табл. 3).

## БОЛЕЕ СЛОЖНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

### СВЕТОПРЕЛОМЛЕНИЕ

Преломление света в минералах изучают с помощью поляризационного микроскопа. Встречаются минералы с высоким показателем преломления (алмаз) и минералы, слабо преломляющие свет (кварц). Большинство минералов обладают способностью разлагать луч света на два луча, в результате чего возникает раздвоенное изображение, т. е. большинство минералов обладают свойством двупреломления. Особенно четко этот эффект проявляется у водяно-прозрачного исландского шпата. Поляризационный микроскоп, который позволяет определять двупреломление, был сконструирован специально для исследования минералов и горных пород.

## МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА

У некоторых минералов более или менее резко проявлены магнитные свойства. В случае когда такие минералы обладают полярным магнетизмом, их называют ферромагнитными. Важнейшими их представителями являются магнетит, титаномагнетит и пирротин. Во многих породах магнетит и титаномагнетит присутствуют в качестве распространенных акцессорных минералов [Большинство других железосодержащих минералов обладают более слабым магнетизмом — их называют парамагнитными (например, пироксены, ильменит и др.); многие минералы проявляют магнитные свойства лишь под воздействием электрического поля (например, пирит, халькопирит и др.). — *Прим. перев.*].

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Ряд минералов, главным образом легкорастворимые соли, можно различить на вкус, например каменная соль (соленая), карналлит (жгуче соленый), горькая соль (горькая). Другие минералы (и минеральные вещества) различаются по их специфическому запаху, например нефть, асфальт, сера. Некоторые минералы издают запах при раскалывании, например арсенопирит, который при ударе издает чесночный запах. Вонючий шпат из-за своего неприятного запаха полностью оправдывает свое название. Если подышать на глинистые породы, возникает характерный запах влажной земли. Существенна также степень шероховатости минералов, т. е. ощущение, возникающее при прикосновении к минералу. Выделяются главным образом жирные или гладкие и шершавые минералы.

## ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

Простые химические и физико-химические исследования, с помощью которых устанавливается качественный и количественный химический состав минералов, весьма многообразны. Уже такое свойство, как растворимость, позволяет разделить мир минералов на трудно- и легкорастворимые минералы. При определении минералов по внешним признакам часто применяются простые химические испытания кислотами. Минеральное вещество, превращенное в порошок, растворяется или разлагается в кислотах. Раствор может быть бесцветным, окрашенным или мутным. Очень часто в сосуде остается нерастворимый осадок. Под действием реагента нередко выпадает хлопьевидный осадок. При этом наблюдается характерное окрашивание, особенно типичное в тех случаях, когда мы имеем дело с металлическими соединениями. Таким простым способом можно обнаружить соединения железа, никеля, меди, кобальта и др. Известен ряд качественных и полуколичественных реакций, в том числе окрашивание пламени (бунзеновской горелки), поведение минерального вещества при прокаливании в горячей части пламени, в закрытой или открытой стеклянной трубочке. Так, если в минерале присутствует кристаллизационная вода, как, например, в гипсе, влага в виде капель собирается в холодной части сосуда. Некоторые минералы, особенно сульфиды, при обжиге выделяют вонючие пары двуокиси серы. Мышьяксодержащие минералы (леллингит, арсенопирит) образуют в стеклянной трубочке металлическое зеркало. Аналогично ведут себя сульфиды, содержащие сурьму. Однозначно определяются также капельки ртути на стенках стеклянной трубочки, когда этим способом исследуются минералы, содержащие ртуть.



Рис. 12.

Дальнейшие диагностические возможности предоставляют реакции плавления с помощью паяльной трубки

на древесном угле с добавкой буры, соды и др. Прежде всего таким путем определяют рудные минералы, которые при плавлении оставляют специфический металлический королек или образуют некоторые химические соединения. При испытании других рудных минералов на угле в качестве продукта реакции возникает белый или цветной (обычно пылеватый) налет.

Контроль реакции плавления производится обычно следующим образом. Если поместить паяльную трубку в пламя и вдуть воздух, то возникает острое длинное синее несветящееся окислительное пламя. Если паяльную трубку держат возле пламени, так что пламя при дутье отклоняется в сторону, то пламя остается светящимся желтым — это восстановительное пламя. Раскаленный свободный углерод восстанавливает пробу минерала, когда она охвачена светящейся частью пламени.

К числу методов реакций плавления относится также сплавление минеральных веществ в стекловатые перлы с применением буры или соды, благоприятствующих процессу плавления. Такой способ особенно эффективен в случае тугоплавких минералов. К этим методам относится применяемый на протяжении нескольких столетий анализ с помощью паяльной трубки. Здесь не упоминаются современные детальные химико-аналитические методы, применяемые в научных лабораториях, где производится полный химический анализ минералов и определение элементов-примесей.

## ОБРАЗОВАНИЕ МИНЕРАЛОВ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Минеральные образования и состоящие из них массы горных пород, включая минеральные полезные ископаемые, являются продуктами развития Земли, т. е. таких геодинамических процессов, как магнетизм, вулканизм, горообразование, физическое и химическое разрушение пород под действием льда, воды и ветра. В ходе развития Земли многократно происходило преобразование всей ее верхней оболочки и как следствие переотложение многих минералов и минеральных масс на структурных этажах земной коры.

## МАГМАТИЗМ

В земной коре образуются наиболее широко распространенные минералы. Они возникают в основном тремя путями: при магматических процессах, в качестве контактовых образований и в связи со складкообразованием (рис. 13). При кристаллизации магмы — огненно-жидкого, обычно насыщенного газами силикатного расплава — формируются в соответствии с ее химическим составом различные изверженные породы, в том числе граниты, диориты, габбро и промежуточные типы пород, которые в виде геологических тел (плутонов, штоков, лакколитов, жил) прорывают земную кору.

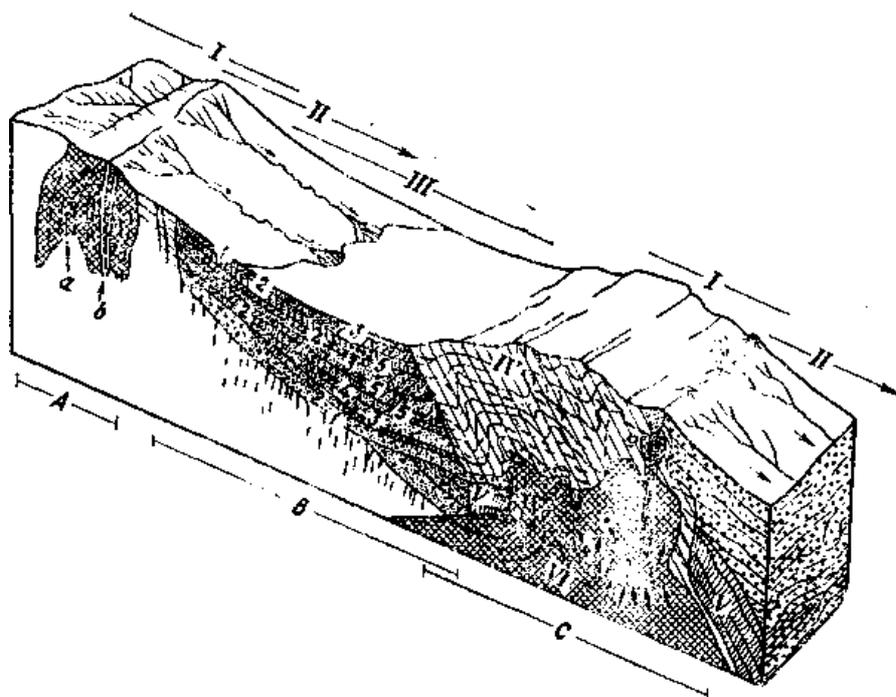


Рис. 13. Блок-диаграмма, иллюстрирующая круговорот веществ в земной коре (непрерывно и бесконечно)

протекающий в направлении слева направо) (по Г. Клоосу).

Процессы и области их развития:

I. Выветривание и денудация

II. Перенос (транспортировка) реками

III. Отложение и цементация продуктов выветривания (осадочные породы)

IV. Преобразование под воздействием горообразовательных процессов, складчатости и воздымания масс горных пород (динамометаморфизм или дислокационный метаморфизм)

V. Более интенсивное преобразование под влиянием повышенного давления и повышенной температуры (региональный метаморфизм)

VI. Повторное плавление горных пород (гранитизация)

A. Магматические породы

а. плутониты (глубинные породы)

б. вулканиты (излившиеся породы)

в. Осадки и осадочные породы (седиментационные породы)

1. Гравий и галька, конгломерат, щебень, брекчия

2. Песок, песчаник

3. Глина, сланцеватая глина, механические (или обломочные) **отложения**, обычно морского происхождения

4. Мергель (смесь известняка и глинист-ого сланца), смешанные хемогенные и механические осадки

5. Известняк и доломит

6. Соли, хемогенные (морские) отложения

С. Метаморфические породы (метаморфиты), образовавшиеся за счет осадочных пород

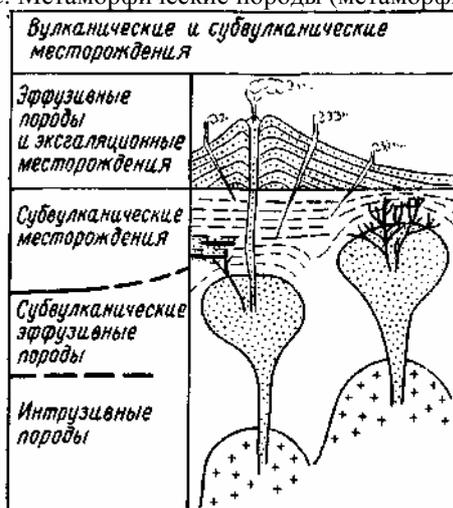


Рис. 14. Геологические этажи магматических месторождений (Strunz, 1966).

Процесс кристаллизации в недрах Земли начинается с раннего выделения минералов в еще жидком расплаве. При дальнейшем охлаждении протекает главный этап кристаллизации труднолетучих компонентов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ). Вслед за главной стадией кристаллизации наступает стадия позднемагматической кристаллизации под воздействием так называемых минерализаторов, или летучих компонентов, к которым относятся вода, соединения фтора, хлора, бора и др. Если расплав при своем подъеме теми или иными путями достигает поверхности Земли, то развиваются процессы вулканизма: магма, претерпев дегазацию, застывает в виде лавы. Минералы, образующиеся при вулканических процессах, менее многочисленны, чем минералы, возникающие при плутонических процессах и сопровождающих их явлениях позднемагматической кристаллизации. Наоборот, при субвулканических процессах как промежуточной стадии иногда появляются продукты разных стадий развития остаточной магматической кристаллизации (рис. 14).

Особенно богаты минеральными видами продукты поздней, или остаточной, стадии кристаллизации. При дальнейшем охлаждении возникают минеральные и рудные месторождения в закономерной последовательности. Группы минералов (или минеральные ассоциации), связанные с определенной стадией кристаллизации, называются минеральными парагенезисами (см. приложение 1Б). Они связаны общностью происхождения, и их образование зависит от физико-химических параметров (температуры и давления) магматических расплавов. Установлено, что в области температур, характеризующих гидротермальное минералообразование, рудные и минеральные формации представлены преимущественно рудами и жилами, содержащими медь, и такими ассоциациями, как свинец — серебро — цинк, олово — серебро — вольфрам — висмут, сурьма — ртуть — мышьяк — селен. Минеральные парагенезисы — важнейшая основа поисков минералов. Многие практические указания можно получить при изучении минеральных и рудных провинций с присущей им закономерной региональной зональностью. Примером могут служить металлогенические

провинции саксонских Рудных гор (рис. 16) с их характерными минералами и рудными парагенезисами, возникшими на протяжении нескольких геологических периодов. В Гарце вокруг гранитных массивов Броккен и Рамберг необычайно четко проявлена зональность минеральных и рудных выделений (рис. 17).

Рис. 15. Плутонические месторождения.

Греч. «ано» — аномальный; «апо» — более удаленный; «акр|о» — вершина; «батос» — глубина; «генезис» — происхождение; «гипо» — совсем внизу; «като» — вниз; «крипто» — скрытый; «литое» — камень; «мезо» — поблизости, возле; «пери» — вокруг; «теле» — далеко; «эм» — в; «эндос» — внутри; «эпи» — после, на, над. Лат. Вулкан — бог огня; «интра» — внутри; Плутон — повелитель подземного царства; «пневма» — дыхание; «суб» — под.

Этажи месторождения в зависимости от их положения относительно батолита (плутона)	Типы месторождений в зависимости от их расстояния от очага мезотриптической магмы	Глубина образования		Группы месторождений	
		Средняя глубина м	Интервал м		
	Телемагматические		0...300	Аномальная	Гидротермальная
	Криптомагматические	1000	300...1300	Эпитептермальная	
	Апомагматические	2000	1000...4000	Мезотермальная	
	Перимагматические	3000	1000...4000	Катотермальная	
		4000	1000...10000	Пневматолитовая	
	Интрамагматические	5000	1000...	Пегматитовая	
6000		1000...	Жидкомагматическая		
		10000	Граниты и другие интрузивные породы		

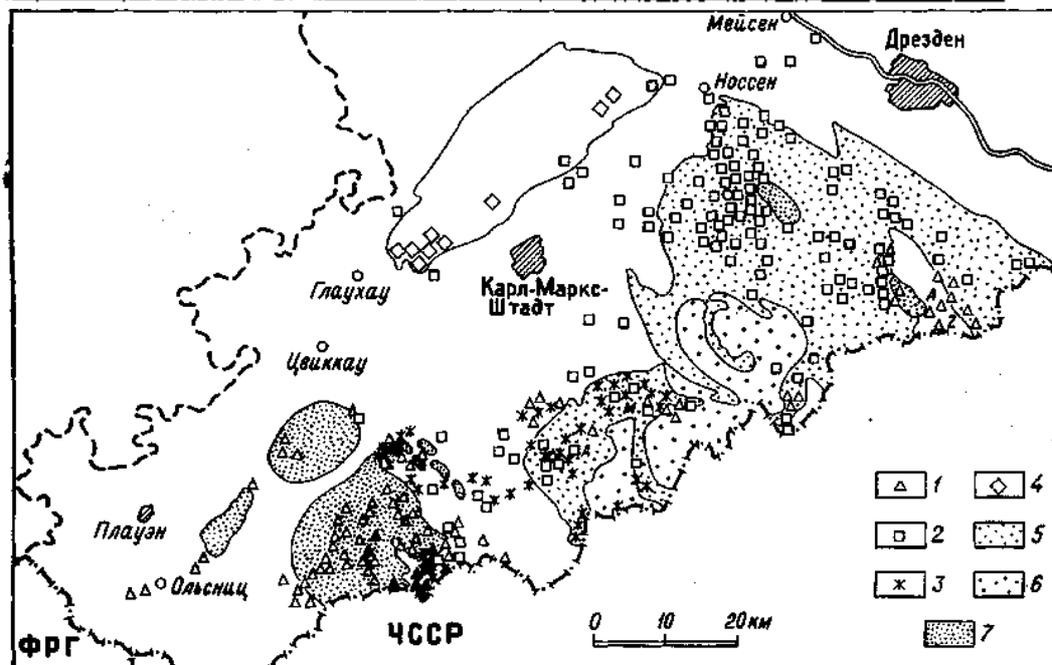


Рис. 16. Металлогеническая карта Рудных гор (по К. Питцшу, с дополнениями Р. Юбельта).

Металлогенические провинции: 1 — оловянные и вольфрамовые месторождения; 2 — свинцово-цинково-серебряные месторождения; 3 — висмут-кобальт-никель-уран-серебряные месторождения; 4 — силикатно-никелевые месторождения; 5 — серый гнейс; 6 — красный гнейс; 7 — гранит.

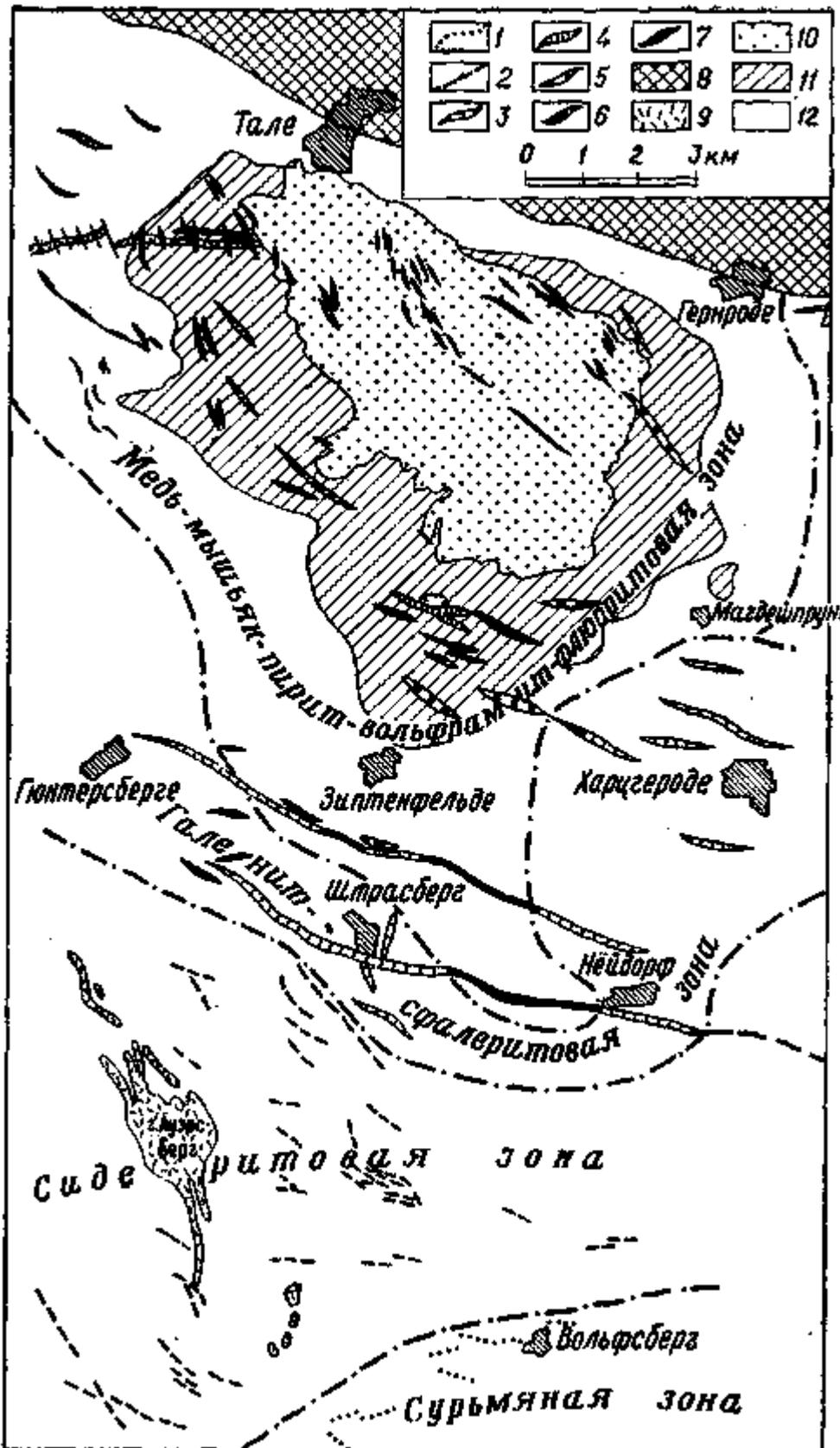


Рис. 17. Рудная зональность вокруг гранитного плутона Рамберг, южнее Тале, Нижний Гарц (по А. Циссарцу, Л. Бауманну, К-Д. Вернеру).

1 — антимонит; 2 — сидерит; 3 — галенит — сфалерит; 4 — пирит — халькопирит — флюорит; 5 — флюорит; 6 — вольфрамит — пирит — кварц; 7 — арсенопирит — пирит — кварц; 8 — форланд Гарца; 9 — порфир; 10 — гранит; 11 — контактовый ореол; 12 — граувакки, глинистые сланцы,

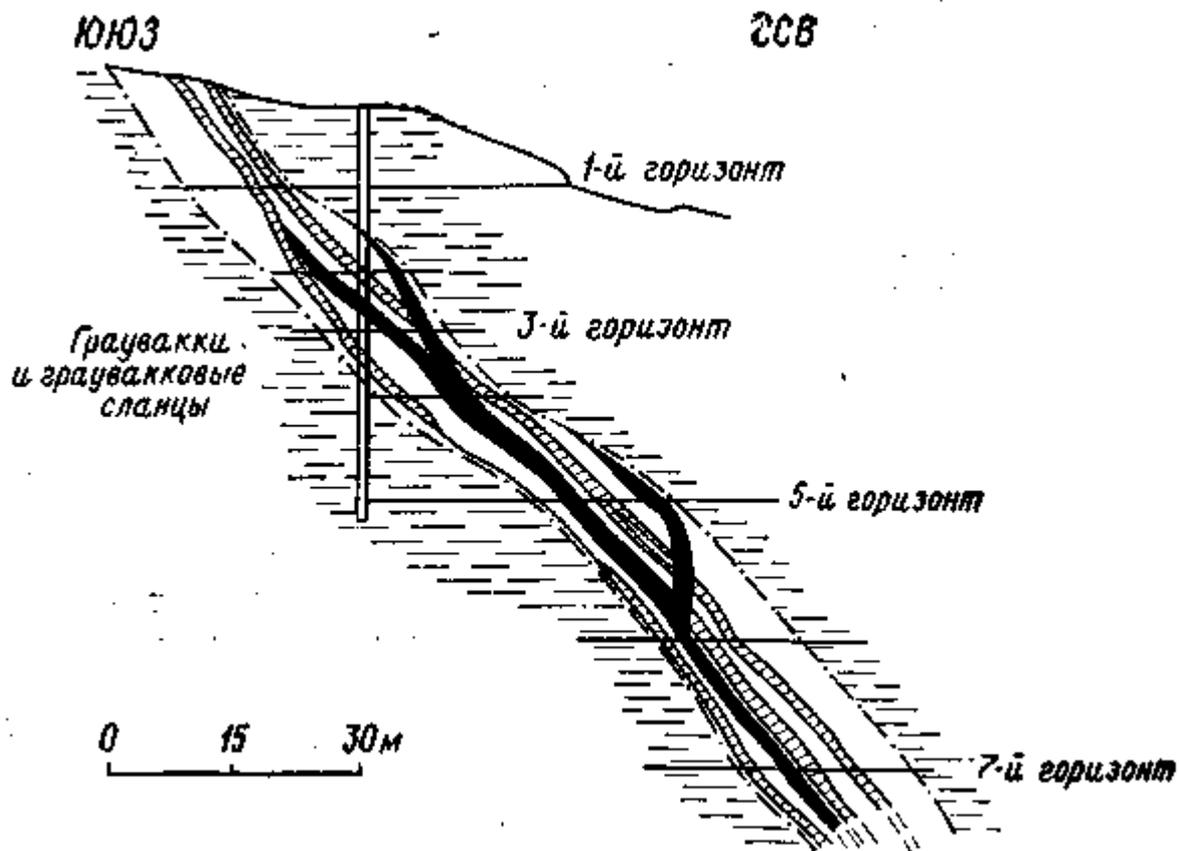


Рис. 18. Поперечный разрез главной жилы (Штрассберг-Нейдорфская система жил) в районе шахты Глазеха (Oelsner, Kraft, Schutzel, 1958).

В пределах зон минерализации различными путями формируются специфические минеральные образования и скопления минералов; они обнаруживают зависимость от условий температуры и давления внутри геологических объемов, где локализуются процессы минералообразования. С внедрением магматических масс связаны геологические движения, особенно тектонического характера, приводящие к образованию разрывов во вмещающих породах и в самих магматических телах. Возникающие трещины в дальнейшем заполняются пегматитовыми расплавами, пегматит-пневматолитовыми до гидротермальных растворами, находящимися под высоким давлением.

Трещины в течение того или иного геологического отрезка времени или в ходе истории развития Земли, охватывающей сотни миллионов лет, могли неоднократно приоткрываться. При каждом повторном приоткрывании трещин в них вновь проникали минералообразующие растворы, большей частью отличающиеся от предшествовавших (рис. 3, 19). Одной из задач минералогического изучения является упорядочение всего многообразия минералов по составу и времени образования. При этом особый интерес представляют разнообразие габитуса кристаллов, кристаллические сростки и особенности огранки (см. табл. 3 и приложение 1А) минералов.

Результаты комплексного исследования минералов и установленные минералогические закономерности служат предпосылкой успешных поисков месторождений. Многочисленные минеральные парагенезисы группируются в серии, различающиеся по последовательности образования (см. приложения).

Некоторые минералы, например кварц и пирит, представляют собой так называемые сквозные минералы. Они начинают кристаллизоваться уже в пневматолитовую фазу и еще ранее и сопровождают минеральные выделения вплоть до гидротермальной серии. Для других минеральных фаз устанавливается различная интенсивность выделения в пределах разных температурных интервалов.

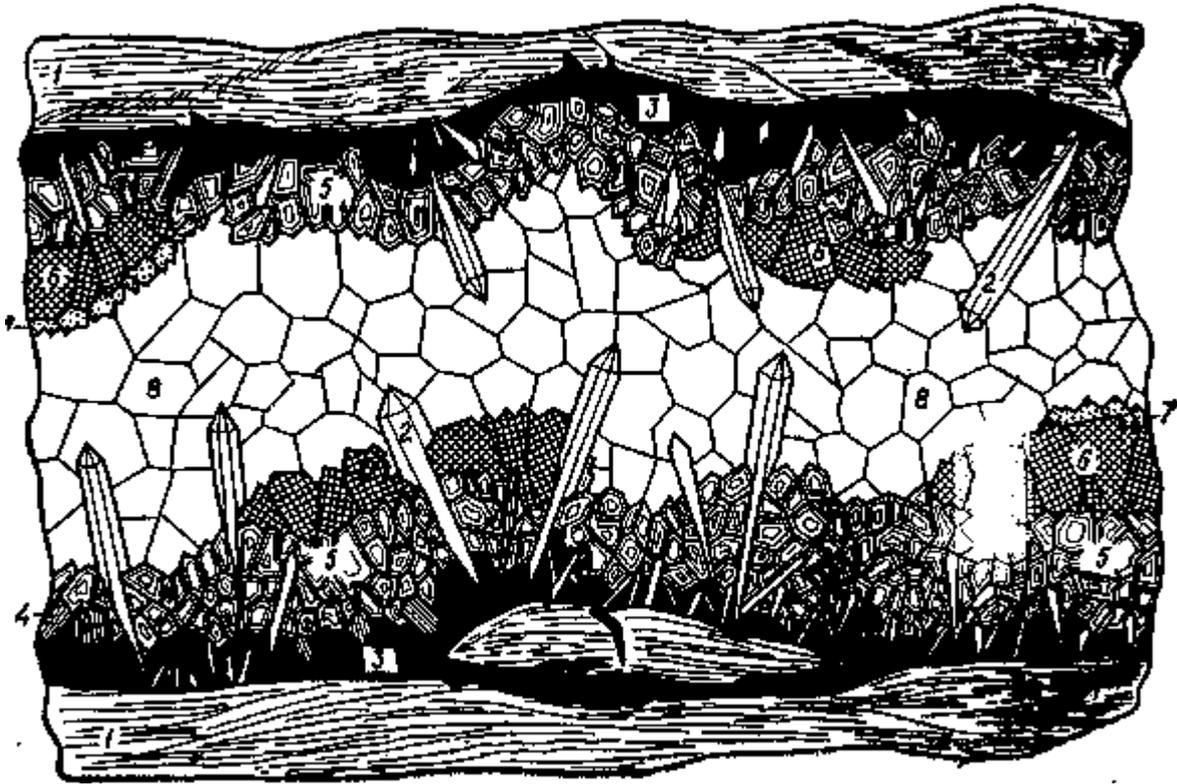


Рис. 19. Гидротермальное выполнение трещины.

Парагенезис серебросодержащей сфалерит-арсенопирит-халькопирит-галенит-родохрозитовой дайки в гнейсах Бранд близ Фрейберга в Рудных горах (по В. Маухеру).

1 — биотитовые гнейсы; 2 — столбчатый кварц; 3 — сфалерит (серебросодержащая цинковая обманка); 4 — арсенопирит; 5 — родохрозит (марганцовый шпат); 6 — галенит (свинцовый блеск); 7 — халькопирит (медный колчедан); 8 — кальцит (известковый шпат).

## КОНТАКТОВЫЙ МЕТАМОРФИЗМ И КОНТАКТОВЫЙ МЕТАСОМАТОЗ

В контактовых породах, особенно вокруг гранитных массивов, встречаются разнообразные минеральные ассоциации. В контактовых зонах на вмещающих породах сказывается влияние температуры, давления и прежде всего летучих компонентов магматического расплава. Минеральные образования (минеральные парагенезисы) в области контакта зависят от состава преобразуемых горных пород.

Если, например, контактовому метаморфизму подвергаются глинистые породы (богатые алюминием), то возникают, в частности, андалузит-кордиеритовые роговики с биотитом и кварцем. Если метаморфизм испытывают известняки, доломиты, известковые, доломитовые или известково-доломитовые мергели, то формируются известково-силикатные роговики с весьма разнообразными минералами, в том числе диопсидом, везувианом, гроссуляром, андрадитом. Они иногда сильно обогащены магнетитом (магнетитовые скарны) или рудами цветных металлов, содержащими халькопирит, пирротин, сфалерит, арсенопирит (полиметаллические скарны).

## ДИНАМОМЕТАМОРФИЗМ

С горообразующими процессами связано появление большого числа специфических минеральных парагенезисов. При этом возникают такие породы, как гнейсы, гнейсо-сланцы, слюдяные сланцы, филлиты, амфиболиты, гранатовые породы, эклогиты, серпентиниты и др.

### ХАРАКТЕРНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ПАРАГЕНЕЗИСЫ

Мусковит, альмандин, кварц — мусковит-гранат-слюдяные сланцы

Мусковит, кварц, дистен, альмандин — дистен-гранат-слюдяные сланцы

Мусковит, кварц, дистен, ставролит — ставролит-слюдяные сланцы

Мусковит, биотит, калиевый полевой шпат, плагиоклаз, кварц — слюдяные гнейсо-сланцы или парагнейсы

Амфибол, плагиоклаз, гранат, рутил — плагиоклазовые амфиболиты и т. д.

## МИНЕРАЛЬНЫЕ ПАРАГЕНЕЗИСУ ХЕМОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ПОРОД, МИНЕРАЛЬНЫХ И РУДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

В экзогенной зоне земной коры минеральные образования исключительно разнообразны прежде всего благодаря химическим процессам разложения и осаждения (химическое выветривание) под влиянием кислорода атмосферы, углекислоты и воды. Процессы разрушения минералов происходят весьма различно. Они зависят от устойчивости минералов и от характера самого процес\* са (химическое разложение, медленное или быстрое механическое разрушение).

Приведем несколько примеров:

твердые минералы (кварц, алмаз, касситерит, хромит и др.) с трудом разрушаются механическим и химическим путем;

мусковит легко разрушается механическим, но трудно разлагается химическим путем;

оливин, биотит, сульфиды (лирит, халькопирит, пирротин и др.) подвержены быстрому разложению. Легко разрушающийся оливин, представленный сплошными массами (перидотит), разлагается с образованием землистых окислов железа (лимонит, гидрогематит) и отчасти гидросиликатов никеля (гарниерит, никелевый хлорит);

породообразующие минералы — полевые шпаты, фельдшпатоиды, пироксены, амфиболы, гранаты и др.— разрушаются медленнее или быстрее в зависимости от характера выветривания. Продуктом выветривания полевых шпатов обычно является каолинит — главная минеральная составная часть большинства почв.

Над месторождениями сульфидов меди, золотоносного пирита, свинцово-цинковых руд под действием грунтовых вод формируются так называемые «шляпы» (зоны окисления). В результате химического разложения образуются следующие минеральные парагенезисы:

лимонит в месторождениях пирита;

куприт, азурит, малахит в сульфидно-медных месторождениях;

гемиморфит (каламин, галмей), церуссит, кальцит, доломит и др. в свинцово-цинковых месторождениях.

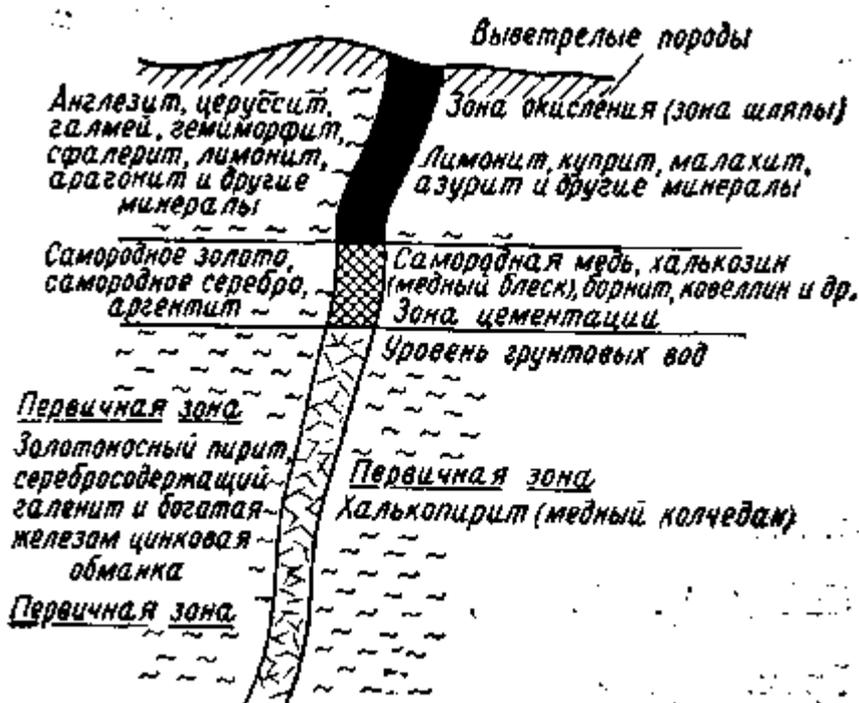


Рис. 20. Рудные жилы в гнейсах или других породах.

Ниже уровня грунтовых вод происходит образование сульфидных рудных минералов или самородных металлов, таких, как медь, серебро, золото. Сульфидные руды, прежде всего медные, слагают вторично обогащенные металлом зоны (зоны цементации) с ковеллином, борнитом, халькозином и др. Процессы их формирования в химическом отношении очень сложны. Разнообразие минералов в этих хемогенно-осадочных парагенезисах чрезвычайно велико. Осаждение минералов и возникновение минеральных скоплений может происходить благодаря деятельности организмов, ассимиляции минерального вещества растениями и усвоению его скелетами животных. Образуются такие карбонатные соединения, как кальцит, арагонит, доломит, сидерит и иногда пирит, фосфаты (например, вивианит или фосфорит).

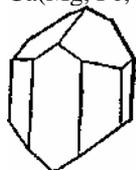
При процессах испарения соленосных участков морских бассейнов в осадок выпадают такие минералы со-

лей, как галит (каменная соль), сильвин, карналлита также ряд минералов — ангидрит, гипс, кальцит, доломит. Все эти минералообразующие процессы часто находят свое выражение в возникновении соответствующих парагенезисов.

К книге приложены три диагностические таблицы для определения минералов по различным свойствам, (см. приложения 2А и 2Б).

## МИНЕРАЛЫ ОТ А ДО Я

### 1. АВГИТ



Греч. «ауге» — блеск (кристаллы авгита часто имеют блестящие грани) Минерал группы пироксенов  
*Химический состав.* Изменчив; окись кальция (CaO) 16—20%, окись магния (MgO) 11,5—17,5%, закись железа (FeO) 5—10%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 1,5—8%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 4,5—7,8%, окись титана (TiO<sub>2</sub>) 0,2—1,25%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 46—50,5%.

*Цвет.* Черный с буроватым оттенком, зеленовато-черный, темно-зеленый.

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Непрозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5—6.

*Плотность.* 3,3 — 3,5.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Короткостолбчатые, игольчатые, толстотаблитчатые.



*Кристаллическая структура.* Простые цепочки ионов. *Класс симметрии.* Призматический — 2/m.  
*Отношение осей.* 1,1:1: 0,6; [3~ 105°.

*Спайность.* Средняя по призме; угол между плоскостями спайности 87 и 89° (см. рисунок — базальное сечение с трещинами спайности).

*Агрегаты.* Сплошные, зернистые, плотные, игольчатые. *П. тр.* Плавится в черное стекло.

*Поведение в кислотах.* Лишь титанавгит полностью растворяется в кипящей соляной кислоте.  
*Сопутствующие минералы.* Плаггиоклазы, биотит, магнетит, пирит, халькопирит и др. *Сходные минералы.* Роговая обманка (амфибол). *Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Чаще всего породообразующий минерал различных магматических пород; встречается прежде всего в основных эффузивных породах, в том числе в базальтах, отчасти в андезитах, фонолитах и вулканических пеплах. Распространен повсеместно.

### 2. АЗУРИТ



Франц. «азур» — лазурно-синий, небесно-голубой. *Синоним:* медная лазурь (водосо-держажий карбонат меди)

*Химический состав.* Окись меди (CuO) 69,2% (Cu 55,3%), двуокись углерода (CO<sub>2</sub>) 25,6%, вода (H<sub>2</sub>O) 5,2%.

*Цвет.* Лазурно-синий, темно-синий, также зеленовато-фиолетовый (фото 7).

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный. *Черта.* Кобальтово-синяя, бледно-синяя, небесно-голубая.

*Твердость.* 3,5—4, хрупкий.

*Плотность.* 3,5—4. *Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Часто встречаются красивые многогранные кристаллы, образующие мелкие друзы;

короткие, длиннопризматические, толстотаблитчатые кристаллы.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,851 : 1 : 1,762;  $\rho = 92^\circ 24'$ .

*Спайность.* Совершенная по (100).

*Агрегаты.* Плотные зернистые массы, радиально-лучистые агрегаты, землистые скопления. *П. тр.*

Плавится, в восстановительном пламени дает королек меди.

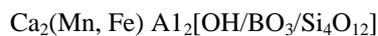
*Поведение в кислотах.* Растворяется в соляной кислоте (с шипением).

*Сопутствующие минералы.* Малахит, халькопирит, куприт, блеклая руда, халькозин, карбонаты. *Сходные минералы.* Вивианит, лазурит. *Практическое значение.* Иногда используется как медная руда.

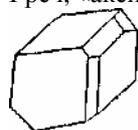
*Происхождение.* Азурит почти всегда встречается совместно с малахитом, при этом медная лазурь замещается малахитом. Типичный минерал зон окисления сульфидно-медных месторождений.

*Месторождения.* Шесси близ Лиона (Франция); Колы-вань и Нижний Тагил (СССР); Цумеб (Намибия); Копьяпо (Чили); в ГДР в районе Тюрингенского краевого разлома у Заальфельда, Камсдорфа и в других местах.

### 3. АКСИНИТ



Греч, «аксине» — топор



*Химический состав.* Кальциевый боросиликат сложного состава. Содержание кальция остается более или менее постоянным, а содержания марганца, железа и магния сильно меняются; примечательно участие летучих компонентов (вода и окисные соединения бора).

*Цвет.* Фиолетовый с зеленоватым оттенком, серый, гвоздично-коричневый.

*Блеск.* Стекланный; минерал просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6,5—7.

*Плотность.* 3,3.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Триклинная.

*Форма кристаллов.* Многогранные, клиновидные.

*Класс симметрии.* Пинакоидальный— 1.

*Отношение осей.* 0,779:1:0,978;  $a=88^\circ 04'$ ,  $\rho=81^\circ 36'$ ,  $\gamma=77^\circ 42'$ .

*Спайность.* Средняя до несовершенной.

*Агрегаты.* Зернистые, плотные, в виде включений.

*П. тр.* Плавится со вспучиванием в зеленое стекло.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в HCl после предварительного прокалывания, причем выпадает гель кремнекислоты.

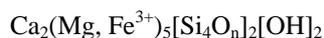
*Сопутствующие минералы.* Полевые шпаты, кварц, эпидот, хлорит; на рудных месторождениях — магнетит, медный колчедан, сфалерит, арсенопирит и др.

*Сходные минералы.* Титанит.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Образуется в пневматолитово-гидротермальных условиях, встречается в трещинах в известково-во-силикатных роговиках и в скарновых рудах. *Месторождения.* В ГДР в магнетитовых скарнах Швар-ценберга, близ Теллерхейзера в западных Рудных горах, в Гарце (массив Броккен) недалеко от Ширке, в трещинах в диабазе у Трезебурга; крупные проявления на Урале, в Средней Азии (СССР); в Дофине (Франция); в гнейсах в Швеции и в других районах.

### 4. АКТИНОЛИТ



Греч, «актис» — луч, «литое» — камень Минерал группы амфиболов Синоним: лучистый камень

*Химический состав.* Сильно изменчив; подобен тремолиту, но обогащен железом (6—13% Fe). Разновидности: *нефрит* (греч. «нефрос» — почка) — зеленый, очень плотный (под микроскопом) агрегат минералов; *амиант* (греч. «амиантос» — незапятнанный, чистый)—амфиболовый асбест, актинолитовый асбест (см. асбест). *Цвет.* Бутылочно-зеленый, светло-зеленый до темно-зеленого (зависит от содержания железа). *Блеск.* Стекланный, шелковистый (асбест). *Прозрачность.* Непрозрачный; тонкие кристаллы и осколки

просвечивают.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 5—6. *Плотность.* 3,1—3,2. *Излом.* Оскольчатый. *Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Призматические, шестоватые. *Кристаллическая структура.* Двойные цепочки (пояса) тетраэдров.

*Класс симметрии.* Призматический —  $2/m5$ . *Отношение осей.* 0,544: 1 :0,295;  $\rho = 105^\circ 00'$ . *Спайность.* По призме (110).

*Агрегаты.* Радиально-шестоватые, волокнистые, сплошные, грубозернистые.

*П. тр.* Сплавляется с трудом (см. роговая обманка). *Поведение в кислотах.* Трудно растворим. *Сопутствующие минералы.* Тальк, хлорит, серпентин, магнетит, рутил, гранат и др.

*Сходные минералы.* Эпидот, турмалин, жадеит, эгирин. *Практическое значение.* Нефрит (редок) — ценный поделочный камень, необычайно вязкий; из него изготавливали каменные топоры, наконечники стрел и пр. *Происхождение.* Актинолит — минерал контактового и регионального метаморфизма; распространен в толщах гнейсов, хлоритовых и слюдяных сланцев. *Месторождения.* Рудные горы, саксонские Гранулитовые горы, Тюрингенский Лес (ГДР); распространен повсеместно.

## 5. АЛМАЗ

### С

Греч, «адамас» — непреодолимый

Самый твердый из естественных драгоценных камней; шлифуется лишь алмазным порошком; в чистом виде бесцветный, водяно-прозрачный, с сильной игрой цветов

*Химический состав.* Бесцветные разновидности представляют собой чистый углерод. Окрашенные и непрозрачные алмазы содержат примеси двуоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ), окиси магния ( $\text{MgO}$ ), окиси кальция ( $\text{CaO}$ ), закиси железа ( $\text{FeO}$ ), окиси железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), окиси алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), окиси титана ( $\text{TiO}_2$ ); в виде включений встречаются графит и другие минералы.

*Цвет.* Белый, серый, желтый, синий, черный.

*Блеск.* Алмазный.

*Прозрачность.* Прозрачный, мутный.

*Черта.* Не имеет: царапает пробную пластинку. *Твердость.* 10 (самый твердый минерал); абсолютная твердость в 1000 раз превышает твердость кварца и в 150 раз — твердость корунда.

*Плотность.* 3,5—3,52. *Излом.* Раковистый. *Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Октаэдры, додекаэдры (тетраэдры); встречаются двойники срастания; кристаллы иногда характеризуются фигурами травления, штриховкой, искривлением граней, наблюдаются неправильные, искаженные кристаллы.

*Кристаллическая структура.* Гранецентрированная решетка куба; каждый атом окружен четырьмя другими, расположенными по тетраэдру.

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический —  $m\bar{3}m$ . *Спайность.* Совершенная по октаэдру (111), хрупкий. *П. тр.* В порошке сгорает на платиновой проволочке с образованием двуоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ); при прекращении доступа воздуха и температуре 1500 °С превращается в графит.

*Поведение в кислотах.* Нерастворим.

*Сходные минералы.* Отсутствуют.

Свойства обеих модификаций углерода (алмаз и графит) представлены в нижеследующей таблице:

Свойства	Алмаз	Графит
Цвет	Бесцветный	Серо-черный
Твердость	Самое твердое вещество (H=10)	Очень мягкий (H=1)
Кристаллы	Зернистый	Чешуйчатый
Сингония	Кубическая	Гексагональная
Кристаллическая решетка	Кубическая	Гексагональная слоистая
Плотность, г/см <sup>3</sup>	3,50—3,52	2,09—2,23
Электропроводность	Отсутствует	Проводник
Поведение при нагревании	При 1500 °С переходит в графит	При температуре выше 2800 °С происходит сублимация

*Сопутствующие минералы.* Оливин, хромшпинелиды, пироп, магнетит, ильменит, гематит, графит, кальцит. *Практическое значение.* Совершенно прозрачные алмазы используются как драгоценные камни (бриллианты).

Нечистые алмазы имеют важное значение для технических целей, например при глубоком бурении для армирования буровых коронок, для изготовления шлифующих и режущих инструментов, шлифующего материала. *Происхождение.* Алмазы образуются в вулканических трубках взрыва (алмазные трубки) при очень высоких давлениях. Вмещающими алмазы породами являются кимберлиты (перидотиты с пиропом), которые состоят в основном из оливина, пироба, ильменита и других минералов. Такие трубки образуют первичные месторождения алмазов. Кроме того, алмазы добываются из значительно более широко распространенных и обычно более богатых россыпных месторождений, представленных морскими и речными песками и галечниками, в которых алмазы накапливаются благодаря механическому разрушению первичных вмещающих их пород. *Месторождения.* Претория: первые разработки кимберлитов и окружающих россыпей (Южная Африка); многочисленные россыпи в Центральной Африке; Мирный в Якутии: многочисленные трубки и россыпи; крупные россыпные месторождения в западном Предуралье (СССР).

## 6. АЛЬБИТ



Лат. «альбус» — белый Минерал группы полевых шпатов

*Химический состав.* См. рис. 23.

*Цвет.* Бесцветный, белый, красный.

*Блеск.* Стеклообразный, перламутровый.

*Прозрачность.* Прозрачный, мутный, просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая

*Твердость.* 6, хрупкий.

*Плотность.* 2,62.

*Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Триклинная.

*Форма кристаллов.* Столбчатые, игольчатые, таблитчатые, двойникованные кристаллы, полисинтетические двойники.

*Кристаллическая структура.* Каркасная решетка с непрерывным трехмерным каркасом. *Класс симметрии.* Пинакоидальный — 1. *Отношение осей.* 0,636 : 1 : 0,559;  $\alpha = 94^\circ 19'$ ,  $\beta = 116^\circ 34'$ ,  $\gamma = 87^\circ 39'$ .

*Спайность.* Совершенная по базису (*P*), средняя по боковым конечным граням (*M*) и граням призмы (*T*) (см. полевые шпаты).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые, лучистые. *П. тр.* Плавится с трудом, дает желтое натриево-красное пламя. *Поведение в кислотах.* Слабо растворим. *Сопутствующие минералы.* Хлорит, адуляр, горный хрусталь, дымчатый кварц, рутил, ильменит, титанит, эпи-дот, апатит, кальцит.

*Сходные минералы.* Барит, ольгоклаз, андезин, ортоклаз и др.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Часто породообразующий минерал гранитов, сиенитов, кератофилов, гнейсов, хлоритовых сланцев. Встречается в трещинах как минерал гидротермального происхождения, иногда в друзах с многочисленными сопутствующими минералами. Альбит повсеместно распространен в породах складчатого фундамента. Особенно красивые друзы встречаются в альпийских жилах.

## 7. АМБЛИГОНИТ



*Химический состав.* Окись лития ( $\text{Li}_2\text{O}$ ) 6,86%, окись натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 3,29%, глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 36,88%, пятиокись фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 47,58%, фтор (F) 8,11%.

*Цвет.* Белый с зеленоватым, синеватым или желтоватым оттенком.

*Блеск.* Стеклообразный, перламутровый.

*Прозрачность.* Полупрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6.

*Плотность.* 2,98—3,15. *Сингония.* Триклинная.

*Класс симметрии.* Пинакоидальный — 1.

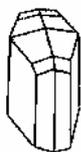
*Отношение осей.* 0,729:1:0,708;  $\alpha = 102^\circ 03'$ ,  $\beta = 97^\circ 50'$ ,  $\gamma = 68^\circ 08'$ .

*Спайность.* Совершенная.

*Агрегаты.* Сплошные, крупнозернистые, плотные. *П. тр.* Легко плавится и вспучивается. *Сопутствующие минералы.* Апатит, сподумен, литиевая слюда, турмалин, топаз, вавеллит, альбит. *Сходные минералы.* Полевые шпаты, кальцит, барит, пе-талит, сподумен.

*Практическое значение.* Важная литиевая руда. *Происхождение.* Пегматитово-пневматолитовые жилы в граните.

*Месторождения.* Испания; шт. Мэн (США); северная Швеция; близ Герсдорфа и у Арнсдорфа близ Пенига (саксонские Гранулитовые горы, ГДР); Хаген (Баварский Лес, ФРГ)



## 8. АМФИБОЛЫ

Группа амфиболов (см. также пироксены)

Греч. — «двузначные», так как их легко спутать с шерлом (турмалином)

Амфиболы по сравнению с пироксенами имеют более сложный состав. Обе группы минералов обладают многими общими чертами. Амфиболы первично образуются из кислых, средних и основных расплавов. Они широко распространены в метаморфических породах. Их доля в составе земной коры достигает примерно 8%. В химическом составе амфиболов присутствуют кальций, магний, железо, натрий, алюминий (в виде окислов), двуокись кремния, а также кислород и водород (ОН, H<sub>2</sub>O).

Важнейшими минералами этой группы являются следующие:

### МОНОКЛИННЫЕ АМФИБОЛЫ

Тремолит, Ca<sub>2</sub>Mg<sub>5</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>11</sub>]<sub>2</sub>[OH]<sub>2</sub>

Актинолит, Ca<sub>2</sub>(Mg, Fe)<sub>5</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>11</sub>]<sub>2</sub>[OH]<sub>2</sub>

Роговая обманка, Ca<sub>2</sub>Na(Mg, Fe)<sub>4</sub>(Al, Fe) [(Si, Al)<sub>4</sub>O<sub>11</sub>]<sub>2</sub>[OH]<sub>2</sub>

Глаукофан, Na<sub>2</sub>(Mg, Fe)<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>11</sub>]<sub>2</sub>[OH, F]<sub>2</sub>

Арфведсонит, Na<sub>3</sub>(Fe, Mg)<sub>4</sub>(Fe, Al) [Si<sub>4</sub>O<sub>11</sub>]<sub>2</sub>[OH, F]<sub>2</sub>

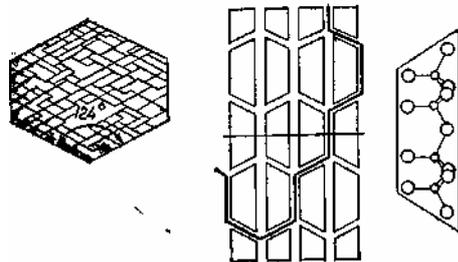
Крокидолит (асбест), (Na, K, Ca)<sub>3</sub>Mg<sub>4</sub>Fe<sub>6</sub>(Fe, Al)<sub>4</sub>[(OH)/Si<sub>16</sub>O<sub>44</sub>]

Карфолит, MnAl<sub>2</sub>[(OH)<sub>4</sub>/Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>]

Нефрит (-актинолит) является криптокристаллической вязкой разностью, для которой характерна окраска различных зеленых оттенков

### РОМБИЧЕСКИЕ АМФИБОЛЫ

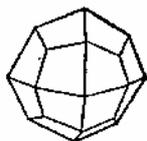
Антофиллит, (MgFe)<sub>7</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>n</sub>]<sub>2</sub>[OH]<sub>2</sub>



Особым отличительным признаком минералов групп амфиболов и пироксенов является постоянство углов между плоскостями спайности, перпендикулярными базису: у амфиболов угол равен 124°, у пироксенов — около 85° (см. рисунки поперечных сечений кристаллов). Кристаллическая решетка характеризуется простыми лентами или двойными цепочками (см. рисунок: кристаллическая структура параллельна оси *c*).

## 9. АНАЛЬЦИМ

Na[AlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>]\*H<sub>2</sub>O, или Na<sub>2</sub>O\*Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*4SiO<sub>2</sub>-2H<sub>2</sub>O



Греч, «аналькис»—бессильный. Получил название в связи с тем, что при трении минерал обнаруживает лишь слабые электрические свойства

*Химический состав.* Окись натрия (Na<sub>2</sub>O) 14,07%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 23,29%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 54,47%, вода (H<sub>2</sub>O) 8,17%.

*Цвет.* Бесцветный, серый, бледный с желтоватым оттенком, мясо-красный. *Блеск.* Стеклообразный.

*Прозрачность.* Прозрачный до мутного. *Черта.* Белая.

*Твердость.* 5—5,5, хрупкий. *Плотность.* 2,2—2,3. *Излом.* Раковистый, неровный. *Сингония.* Кубическая.

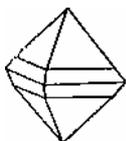
*Форма кристаллов.* Тетрагон-триоктаэдр (лейцит-эдры).

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический — шЗг. *Спайность.* Отсутствует.

*Агрегаты.* Сплошные, зернистые, плотные, землистые. *П. тр.* Легко сплавляется. *Поведение в кислотах.* Разлагается в HCl. *Сопутствующие минералы.* Магнетит, хлорит. *Сходные минералы.* Лейцит, содалит. *Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Возникает гидротермальным путем в базальтовых и фonoлитовых породах и в трещинах; иногда на месторождениях галенита вместе с другими цеолитами; образуется также как скарновый минерал вместе с магнетитом.

*Местонахождения.* В базальтах Кавказа (СССР); в вулканических туфах на Циклоповых островах близ Катании (Италия); распространен в Чешских Средних горах и в других местах.



## 10. АНАТАЗ

TiO<sub>2</sub>

Греч, «анатазис» — удлинение. Синоним: октаэдрит (кристаллы вытянуты по призме, но также ограничены бипирамидой, по облику приближающейся к октаэдру)

*Химический состав.* Титан (Ti) 60%, кислород (O) 40%.

*Цвет.* Медово-желтый, серо-бурый, коричневый, черный.

*Блеск.* Алмазный, жирный, металлоидный. *Черта.* Белая.

*Твердость.* 5,5—6. *Плотность.* 3,8—3,9.

*Сингония.* Тетрагональная (рутил — тетрагональный, брукит — ромбический).

*Форма кристаллических выделений.* Только кристаллы (большой частью мелкие), рассеянные в пустотах (трещинах).

*Кристаллическая структура.* Характеризуется плотнейшей кубической упаковкой ионов кислорода. Координационные числа такие же, как у рутила.

*Класс симметрии.* Дитетрагонально-бипирамидальный — 4/mmm.

*Отношение осей, c/a = 1,7771.*

*Спайность.* Совершенная по базису (перпендикулярно оси c) и граням октаэдра (111), (001). *Агрегаты.* Только кристаллы. *П. тр.* Не плавится. *Поведение в кислотах.* Нерастворим.

*Сопутствующие минералы.* Рутил, брукит, титанит, ильменит, альбит, адуляр, горный хрусталь, хлорит, эпидот. *Сходные минералы.* Ксенотим. *Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Гидротермальные выделения в трещинах, в диабазовых Гарца и Тюрингенского Леса; в альпийских жилах Сен-Готарда (Швейцария); на северном Урале; в Бразилии и других местах.

Анатаз как тяжелый минерал часто образует концентрации в россыпных месторождениях.

## 11. АНГИДРИТ

CaSO<sub>4</sub>

Греч, «гидр», «гидратос» — вода (безводный минерал)



*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 41,2%, трехокись серы (SO<sub>3</sub>) 58,8%, в качестве примеси часто встречается стронций.

*Цвет.* Серый, белый, бледно-синий, кобальтово-синий, фиолетовый, бледно-красный.

*Блеск.* Стекланный, жирный, перламутровый на плоскостях спайности.

*Прозрачность.* Прозрачный, водяно-прозрачный, мутный. *Черта.* Белая.

*Твердость.* 3—4.

*Плотность.* 2,9—3.

*Излом.* Хрупкий.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллических, выделений.* Толстотаблитчатые, кубические, короткостолбчатые кристаллы; большей частью ангидрит образует сплошные массы.

*Кристаллическая структура.* Ионы серы (S<sup>6+</sup>) располагаются в центре тетраэдрических групп кислорода (O<sup>2-</sup>), а каждый ион кальция (Ca<sup>2+</sup>) находится в восьмерном окружении ионов кислорода.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *mmm*. *Отношение осей.* 0,892 : 1 : 0,999. *Спайность.* Совершенная по (001), (010), (100). *Агрегаты.* Плотные, зернистые, иногда шпатовидные, волокнистые. *П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* В порошке растворяется в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. *Сопутствующие минералы.* Гипс, каменная соль, сильвин, карналлит.

*Сходные минералы.* Криолит, гипс, барит, кальцит. *Практическое значение.* Ангидрит (как и гипс) применяется как сырье для получения серной кислоты (завод Косвиг на Эльбе в ГДР) и как строительный материал (вяжущее вещество).

*Происхождение.* Является преимущественно хемогенным осадочным минералом и встречается в соляных месторождениях с гипсом, каменной солью, карналлитом; реже ангидрит образуется гидротермальным путем. Иногда встречается как эксгаляционный минерал в лавовых пустотах.

*Месторождения.* Прежде всего в районах соляных месторождений цехштейна, в Южшш Гарце, в районе р. Вер-ра, близ Штасфурта (ГДР); в Гессене близ Ганновера и в других районах (ФРГ); в Предуралье (СССР) и т. д.



## 12. АНГЛЕЗИТ

PbSO<sub>4</sub>

Назван по месту находки (Англи, Уэльс)

*Химический состав.* Окись свинца (PbO) 73,6% (свинец 68,3%), трехокись серы (SO<sub>3</sub>) 26,4%.

*Цвет.* Бесцветный, белый, редко окрашенный, с черноватым оттенком.

*Блеск.* Алмазный, жирный.

*Прозрачность.* Водяно-прозрачный до просвечивающего.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 2,5—3, очень хрупкий.

*Плотность.* 6,1—6,4. *Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые, короткостолбчатые, часто встречаются мелкие красивые кристаллы с богатыми комбинациями граней.

*Отношение осей.* 1,571 : 1 : 1,288.

*Кристаллическая структура.* Анионный комплекс [SO<sub>4</sub>]<sup>3-</sup>~ сходен с аналогичным комплексом барита.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *mmm*.

*Спайность.* По граням базиса и призмы (ПО), (001); *Агрегаты.* Чаще встречаются в виде мелкокристаллических корочек на галените, в пустотах (друзы) и в виде твердых, зернистых, землистых масс.

*П. тр.* Легко плавится, растрескивается; с содой на угле в восстановительном пламени дает королек свинца.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в концентрированной серной кислоте лишь при нагревании, полностью растворяется в едком кали (KOH), чем отличается от целестина и барита, которые не растворяются. *Сопутствующие минералы.* Галенит, церуссит, лимонит. *Сходные минералы.* Церуссит, барит, шеелит.

*Практическое значение.* Небольшое; иногда используется как свинцовая руда.

*Происхождение.* большей частью образуется в зоне окисления сульфидных свинцово-цинковых месторождений вместе с более распространенным карбонатом свинца церусситом (PbCO<sub>3</sub>).

*Месторождения.* Фрейберг, Эренфридерсдорф, Берггис-хюбель, Лангенштригис (Рудные горы), Танне в Гарце (ГДР) и другие месторождения.

### 13. АНДАЛУЗИТ



Назван по Андалузии — исторической области в Испании; ср. силлиманит, дистен



*Химический состав.* Окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 63,1%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 36,9%, часто в небольшом количестве присутствует окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

*Цвет.* Серый, желтый, бурый, розовый, красный, темно-зеленый, редко бесцветный. *Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Обычно непрозрачный. *Черта.* Белая. *Твердость.* 1—7,5.

*Плотность.* 3,1—3,2.

*Излом.* Неровный, оскольчатый. *Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллических выделений.* Столбчатые с квадратным сечением, сжатые, удлиненные призматические. Кристаллы андалузита во время роста могут захватывать углистый или глинистый материал. Его концентрация происходит в определенных кристаллографических направлениях, в результате чего возникает характерная фигура креста; такая разновидность называется *хиасто-литом* (греч. «хиастос» — скрещенный, «литое» — камень).

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — mmm.

*Отношение осей.* 0,982 : 1 : 0,703. *Спайность.* Параллельна оси *c*, совершенная.

*Агрегаты.* Сплошные, лучистые («снопы»), шестоватые, волокнистые, зернистые. *П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Нерастворим.

*Сопутствующие минералы.* Кордиерит, биотит, турмалин, кварц, рутил, корунд, ставролит, гранат, золото и др. *Сходные минералы.* Красный турмалин.

*Практическое значение.* Находит применение как ценное огнеупорное сырье для футеровки печей (высокая огнеупорность).

*Происхождение.* Типичный минерал контактового метаморфизма глинистых пород (роговики); в виде мелких кристаллов встречается повсеместно.

*Месторождения.* В ГДР андалузит-кордиеритовые роговики распространены вокруг гранитных массивов в западной части Рудных гор (кирхбергские, эйбештокские, бергенские граниты с их классическими контактовыми ореолами).

### 14. АНДЕЗИН

Альбит (70—50%) + анортит (30—50%)

Назван по Андам; встречается там в лавах (андезиты)

Минерал группы полевых шпатов

*Химический состав.* См. рис. 23.

*Цвет.* Белый, бесцветный, с зеленоватым, красноватым оттенком.

*Блеск.* Стекланный, мерцающий (солнечный камень, или авантюрин) благодаря включениям мельчайших чешуек гематита, иногда с золотистым отливом (полудрагоценный камень).

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий, непрозрачный. *Черта.* Белая.

*Твердость.* 6, хрупкий.

*Плотность.* 2,66. *Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Триклинная.

*Форма кристаллов.* Столбчатые, толстотаблитчатые.

*Кристаллическая структура.* Каркасная решетка с непрерывным трехмерным каркасом  $(\text{SiAl})\text{O}_4$ .  
*Класс симметрии.* Пинакоидальный— 1. *Отношение осей.* 0,635:1:0,552;  $a = 93^\circ 24'$   $\rho = 116^\circ 10'$ ,  $\gamma = 90^\circ 24'$ .  
*Спайность.* Совершенная по базису (001), средняя по конечной грани и по граням призмы (010).

*Агрегаты.* Зернистые, плотные.

*П. тр.* Плавится с трудом.

*Поведение в кислотах.* Трудно растворим.

*Сопутствующие минералы.* Роговая обманка, авгит, биотит.

*Сходные минералы.* Полевые шпаты.

*Практическое значение.* Разновидность «солнечный камень» используется как полудрагоценный камень.

*Происхождение.* Андезин является породообразующим минералом диоритов, андезитов (кератофиров), спилитов; широко распространен в вулканических областях Южной Америки, в Юго-Восточной Азии, на Кавказе, в Венгрии и в других местах.

## 15. АНКЕРИТ

$\text{CaFe}[\text{CO}_3]_2$ , или  $\text{CaCO}_3\text{-FeCO}_3$

*Химический состав.* Двойная соль (см. также доломит). Бедная железом разновидность называется бурым шпатом. Анкерит постоянно содержит магний и марганец. Отношение железа и марганца меняется в широких пределах.

*Цвет.* Серый, белый, с желтоватым, буроватым оттенком.

*Блеск.* Стеклоподобный, перламутровый. *Прозрачность.* Непрозрачный, просвечивающий. *Черта.* Белая, светло-серая. *Твердость.* 3,5—4. *Плотность.* 2,9—3,8. *Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Ромбоэдры; грани кристаллов часто искривлены, как у доломита.

*Кристаллическая структура.* Решетка кальцита (см. табл. 1).

*Класс симметрии.* Ромбоэдрический — 3. *Спайность.* По ромбоэдру (1010). *Агрегаты.* Сплошные, зернистые.

*П. тр.* При окислении становится бурым и растрескивается.

*Поведение в кислотах.* Ведет себя, как доломит; лишь при нагревании выделяется  $\text{CO}_2$  с образованием пузырьков.

*Сопутствующие минералы.* Сидерит, доломит, галенит, сфалерит, аргентит. *Сходные минералы.* Сидерит, доломит, магнезит.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Часто встречается в гидротермальных жильных месторождениях фрейбергского типа (особенно в виде марганецсодержащего бурого шпата).

## 16. АНОРТИТ

$\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ , или  $\text{CaO- Al}_2\text{O}_3\text{-2SiO}_2$

Греч, «анортос» — косо́й. Синоним: калиевый полевой шпат

Минерал группы полевых шпатов, подгруппы плагиоклазов

*Химический состав.* См. рис. 23.

*Цвет.* Бесцветный, белый, серый, красный.

*Блеск.* Стеклоподобный, перламутровый.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий, мутный, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6, хрупкий.

*Плотность,* 2,76. *Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Триклинная.

*Форма кристаллов.* Большинство мелкие кристаллы с многочисленными гранями; короткоигловчатые, толстотаблитчатые.

*Кристаллическая структура.* Каркасная решетка с непрерывным трехмерным каркасом  $(\text{SiAl})\text{O}_4$ .

*Класс симметрии.* Пинакоидальный — 1.

*Отношение осей.* 0,635:1:1,100;  $a = 93^\circ 10'$ ,  $\rho = 115^\circ 51'$ ,  $\gamma = 91^\circ 13'$ .

*Спайность.* Совершенная по базису ( $P$ ), средняя по боковым граням ( $M$ ) и граням призмы ( $T$ ) (см. полевые шпаты).

*Агрегаты.* Сплошные, зернистые, плотные.

*П. тр.* Плавится с трудом.

*Поведение в кислотах.* Растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Кальцит, доломит, магнетит, халькопирит, пирротин, породообразующие минералы анортозитов и пород группы габбро.

*Сходные минералы.* Полевые шпаты.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Анортит образуется в основном в кон-тактово-метаморфизованных известняках и доломитах (известково-силикатные роговики), иногда в магнетит-полиметаллических скарнах; «редко встречается как составная часть основных магматических пород (габбро, анортозитов), особенно в вулканических выбросах, где описаны кристаллы с многочисленными гранями. *Местонахождения.* Вулканические провинции Италии, Венгрии, Румынии, Исландии.

## 17. АНОРТОКЛАЗ

(Na, K)  $[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$

Греч. «анортоклаз» — не ортоклаз, поскольку лишь внешне минерал похож на ортоклаз

*Химический состав.* Щелочной полевой шпат с преобладанием окиси натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) над окисью калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ). Анортоклаз сходен с микроклином (см. рис. 23).

*Цвет.* Белый, желто-бурый, с синеватым оттенком.

*Блеск.* Стекланный, перламутровый, иногда с адуляри-зацией (лабрадоризирующий).

*Прозрачность.* Просвечивающий, прозрачный, непрозрачный.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 6, хрупкий.

*Плотность.* 2,56—2,60.

*Излом.* Неровный, раковистый.

*Сингония.* Триклинная.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые несовершенные кристаллы.

*Кристаллическая структура.* Каркасная решетка с бесконечным трехмерным каркасом  $(\text{SiAl})\text{O}_4$ . *Класс симметрии.* Вероятно, линакоидальный — 1.

*Отношение осей.* Не установлено.

*Спайность.* Совершенная по базису (P), средняя по боковым граням (M) и граням призмы (T) (см. полевые шпаты).

*Агрегаты.* Сплошные, зернистые, шпатовидные. *П. тр.* Плавится с трудом. *Поведение в кислотах.* Трудно растворим.

*Сопутствующие минералы.* Бурая роговая обманка, биотит, (ильменит, титаномагнетит.

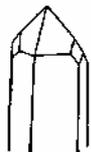
*Сходные минералы.* Полевые шпаты, в том числе Лабрадор, иногда ошибочно называемый лабрадоритом. *Практическое значение.* Облицовка стен, материал для памятников.

*Происхождение.* Присутствует в светлых трахитовых лавах; особенно красив как породообразующий полевой шпат в сиенитах (ларвикитах) Лангезунд-фьорда, Лар-вика (район Осло).

## 18. АНТИМОНИТ

$\text{Sb}_2\text{S}_3$

Лат. «антимониум» — сурьма. Синонимы: Сурьмяный блеск, стибнит



*Химический состав.* Сурьма (Sb) 71,4%, сера (S) 28,6%, - в виде примесей иногда присутствуют мышьяк, серебро, золото.

*Цвет.* Свинцово-серый, часто с пестрой побежалостью.

*Блеск.* Металлический, с сильной побежалостью.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Серая, черная, темная свинцово-серая.

*Твердость.* 2, хрупкий. *Плотность.* 4,6—4,7.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Призматические, столбчатые, игольчатые, с вертикальной штриховкой, часто искривленные.

*Кристаллическая структура.* Сложная, одномерные непрерывные двойные цепочки, параллельные оси *c*.  
*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *mmm*.

*Отношение осей.* 0,933 : 1 : 0,340.

*Спайность.* Параллельная оси *c* (001); на плоскостях спайности наблюдается грубая поперечная штриховка.

*Агрегаты.* Зернистые, плотные, сплошные.

*П. тр.* На угле легко плавится (плавится уже на спичке), выделяя белый налет.

*Поведение в кислотах.* Растворим в  $\text{HNO}_3$ .

*Сопутствующие минералы.* Пирит, реальгар, Самородное золото, барит, сидерит, кварц.

*Сходные минералы.* Бисмутинит, пиролюзит, галенит и др.

*Практическое значение.* Важное сырье для получения сурьмы.

*Происхождение.* Образуется при весьма низких температурах (эпитермальный).

*Месторождения.* Крупнейшее месторождение находится в провинции Хунань (Китай); Алжир; Мексика; Боливия; Югославия; в ГДР небольшие залежи у Вольфс-берга в Нижнем Гарце, Брэйндорф близ Фрейберга в Рудных горах.



## 19. АПАТИТ

(Фторапатит и хлорапатит)

$\text{Ca}_5[\text{F}/(\text{PO}_4)_3]$ —фторапатит

$\text{Ca}_5[\text{Cl}/(\text{PO}_4)_3]$ —хлорапатит

Греч, «апато» — обманываю; часто его принимают за берилл, диопсид, турмалин

*Химический состав.* Фторапатит: окись кальция ( $\text{CaO}$ ) 55,5%, пятиокись фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 41,0%, фтор (F) до 3,8%; хлорапатит:  $\text{CaO}$  53,8%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  41,0%; хлор (Cl) 6,8%; более распространен фторапатит. *Цвет.* Белый, зеленый, сине-зеленый, фиолетовый, кир-пич но-красный (фото 12).

*Блеск.* Стекланный, на изломе жирный, прозрачный, мутный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий. *Черта.* Белая. *Твердость.* 5. *Плотность.* 3,2.

*Излом.* Раковистый, неровный. *Сингония.* Гексагональная.

*Форма кристаллов.* Шестигранные призмы с головкой из многих граней; тонкие и игольчатые высокотемпературные кристаллы, толстые и короткопризматические при кристаллизации в условиях более низких температур.

*Кристаллическая структура.* Сложная. *Класс симметрии.* Гексагонально-бипирамидальный — *6/m*.

*Отношение осей, c/a=0,734.*

*Спайность.* Средняя параллельно граням призмы (0001), (1010).

*Агрегаты.* Сплошные, почковидные, распушенные, жел-ваковые, шаровидные, оолитовые, плотные, лучистые, зернистые.

*П. тр.* Плавится с трудом даже в мелких осколках. *Поведение в кислотах.* Растворим в  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ; в азотнокислом растворе с молибденовокислым аммонием дает яично-желтый осадок.

*Сопутствующие минералы.* Зависят от происхождения: например, при магматическом происхождении (нефелиновые сиениты) —нефелин, эгирин; при пегматитовом — пневматолитовом — гидротермальном — касситерит, вольфрамит, магнетит, топаз, полевой шпат, горный хрусталь, аксинит, титанит, рутил, гематит и др. *Сходные минералы.* Берилл, кварц, нефелин, кордиерит, ортоклаз, смитсонит, галмей.

*Практическое значение.* Минералы фосфора имеют огромное значение для производства фосфатных удобрений.

*Происхождение.* Как акцессорный минерал встречается во многих магматических породах в виде игольчатых выделений. Иногда образует сплошные зернистые массы (например, Кольский апатит), встречается в пегматитах (апатитовые пегматиты) с другими минералами. Особенно красивые кристаллы апатита встречаются на пневматолитово-гидротермальных оловянных месторождениях.

*Месторождения.* Зауберг -близ Зренфридерсдорфа, медные шахты Садисдорф, Нидерпёбель, Лобершау в Рудных горах, в пегматитах у Карл-Маркс-Штадта, Харт-мансдорф, Хурсдорф, Рохсбург (ГДР) и др.

## 20. АРАГОНИТ

$\text{CaCO}_3$

Назван по проявлению близ Молина в исторической области Арагон (Испания), где он был впервые обнару-

жен

*Химический состав.* Такой же, как у кальцита: окись кальция (CaO) 56,0%, двуокись углерода (CO<sub>2</sub>) 44,0%; арагонит часто содержит примеси стронция (до 5,6%), магния, железа и цинка.

*Цвет.* Белый, серый, бледно-желтый, с красноватым оттенком, зеленый, синий, фиолетовый, черный. *Блеск.* Стеглянный, шелковистый.

*Прозрачность.* Водяно-прозрачный, мутный, просвечивающий.

*Черта.* Белая, светло-серая. *Твердость.* 3,5—4. *Плотность.* 2,95.

*Сингония.* Ромбическая (псевдогексагональная). *Форма кристаллических выделений.* Призматическая, ветвистая (железные цветы), корочки, сферолиты (гороховый камень); две последние разновидности относятся к шпрудельштейнам.

*Кристаллическая структура.* Структура арагонита плотнее, чем структура кальцита. Как и в решетке кальцита, в решетке арагонита каждый ион CO<sub>3</sub> окружен шестью ионами кальция.

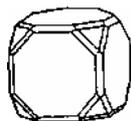
*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *mmm*. *Отношение осей.* 0,622 : 1 : 0,720. *Спайность.* Несовременная по (010). *Агрегаты.* Волокнистые, скорлуповатые, плотные, оолитовые.

*П. тр.* Растрескивается с выделением CO<sub>2</sub>. *Поведение в кислотах.* Легко растворим в HCl (с активным вскипанием).

*Сопутствующие минералы.* Сидерит (железный шпат), лимонит, медный колчедан, гипс, сера. *Сходные минералы.* Кальцит, стронцианит, целестин, барит, натролит, топаз. *Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Образуется в трещинах и в миндалинах базальтов, трахифонолитов; в гидротермальных месторождениях сидерита; иногда включения в гипсоносных и глинистых отложениях; в отложениях термальных источников (известковая накипь шпрудельштейн, гороховый камень); в термальных источниках Карло-ви-Вари (ЧССР); распространен повсеместно.

## 21. АРГЕНТИТ



Ag<sub>2</sub>S

Лат. «аргентум» — серебро Синоним: серебряный блеск

*Химический состав.* Серебро (Ag) 87,1%, сера (S) 12,9%; примеси: медь, свинец, железо, сурьма и другие элементы или соединения.

*Цвет.* Железно-черный, черновато-серый.

*Блеск.* На свежем изломе — металлический, матовая побежалость.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Темно-серая (блестящая). *Твердость.* 2—2,5. *Плотность.* 7,2—7,4.

*Излом.* Раковистый; ковкий, как свинец.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллических выделений.* Кубооктаэдрические кристаллы; сплошные массы, пластинчатые и сетчатые выделения.

*Кристаллическая структура.* Сложная.

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический — *m3m*.

*Спайность.* Несовременная по (100).

*Агрегаты.* Пластинчатые и сетчатые сростки.

*П. тр.* Плавится на угле с образованием серебряного королька.

*Поведение в кислотах.* Растворим в HNO<sub>3</sub> с выделением серы.

*Сопутствующие минералы.* Пираргирит, прустит, самородное серебро, стефанит, пирит, марказит, галенит, сфалерит, барит, флюорит, кальцит, сидерит, родохрозит и др.

*Сходные минералы.* Халькозин. *Практическое значение.* Важная серебряная руда. *Происхождение.* Аргентит образуется гидротермальным путем, часто вместе с самородным серебром. Встречается также в зоне цементации месторождений серебряно-державших сульфидов и арсенидов (рис. 20). Крупные скопления аргентита редки. Часто присутствует в галените (серебросодержащем) в виде микроскопических включений.

*Месторождения.* Одной из крупнейших серебряных провинций в Европе были саксонские Рудные горы с их всемирно известными горными участками Фрейберг, Мариенберг, Аннаберг, Шнеберг, Иоганнгеоргенштадт; Яхимов (ЧССР); месторождения Венгрии и др. Богаты месторождениями серебряного блеска Мексика, Перу, Боливия; Канада; шт. Невада, Юта (США).

## 22. АРСЕНОПИРИТ

FeAsS

Синонимы: мышьяковый колчедан, миспикель

*Химический состав.* Железо (Fe) 34,3%, мышьяк (As) 46,0%, сера (S) 19,7%. В примесях часто встречается кобальт. Нередко арсенопирит встречается в ассоциации с самородным золотом.

*Цвет.* Оловянно-белый, светло-серый, желтый, с пестрой побежалостью.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная, серо-черная.

*Твердость.* 5,5—6.

*Плотность.* 5,9—6,2.

*Излом.* Неровный, хрупкий.

*Сингония.* Ромбическая (морфологически).

*Форма кристаллов.* Хорошо образованные кристаллы в друзах; обычно ромбические, короткостолбчатые, шесто-ватые; характерна штриховка на гранях, параллельная оси *c*.

*Класс симметрии.* Большой частью призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,675 : 1 : 0,594;  $\rho \sim 90^\circ$ .

*Спайность.* Несовременная, иногда средняя по (101), (010).

*Агрегаты.* Сплошные, шестоватые.

*П. тр.* Плавится в восстановительном пламени, издавая чесночный запах; в закрытой трубке образуется мышьяковое зеркало.

*Поведение в кислотах.* Растворим в  $\text{HNO}_3$  с выпадением серы и окиси мышьяка.

*Сопутствующие минералы.* Галенит, халькопирит, пирит, сидерит.

*Сходные минералы.* Лёллингит, хлоантит, смальтин, пирит, марказит, пирротин.

*Практическое значение.* В случае золотоносности — важная руда на золото; мышьяк используется для химических целей.

*Происхождение.* Образуется лневматолитовым и высокотемпературным гидротермальным путем, является минералом — спутником различных месторождений олова, вольфрама, висмута, меди, свинца и цинка.

*Месторождения.* Крупнейшее месторождение арсенопирита (золотоносного) — Болиден в северной Швеции; в Рудных горах, Фрейберг, Берггисхюбель, Альтенберг, Мунциг близ Мейсена, Хознштейн-Зрнсталь (ГДР) и др.; распространен повсеместно.

## 23. АСБЕСТ

Греч. «асбестос» — нетленный, неразрушимый.

Среди разновидностей асбеста выделяют серпентин-асбесты — хризотил-асбест и антигорит-асбест (баститовый асбест) и амфибол-асбесты (тремолит-асбест, актинолит-асбест, крокидолит-асбест, амозит-асбест).

*Химический состав.* Весьма изменчивый; например, амфибол-асбест: окись магния ( $\text{MgO}$ ) 6—7%, окись и закись железа ( $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 34—44%, окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 5—10%, двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 49—53%; хризотил-асбест: окись магния ( $\text{MgO}$ ) 38—41%, окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 1—1,5%, окись и закись железа ( $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 0,3—4%, двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 41—43%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 13—14%.

*Цвет.* Белый, серый, темный, серо-синий (хризотил-асбест желтый, бронзовый).

*Блеск.* Шелковистый.

*Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая, светло-серая.

*Твердость.* 2.

*Плотность.* 2,5—3,3.

*Излом.* Хрупкий, расщепляющийся.

*Сингония.* В основном моноклиная.

*Форма кристаллических выделений.* Волокнистая.

*Спайность.* Весьма совершенная параллельно оси *c* (направление волокнистости).

*Агрегаты.* Волокнистые.

РАЗНОВИДНОСТИ АСБЕСТА (OELSNER, KROGER. 1957)

Минералогическая группа	Разновидность	Химический состав	Свойства	Основные месторождения
Амфиболовая (ро-говообманковая)	Ромбическая: антофиллит	Силикат магния и железа	Ломкие волокна, малоценный	Северная Америка (Массачусетс)
	Тремолит	Силикат магния и кальция	Шелковистый, хрупкий, слабо жаростойкий, кислотоустойчивый	Италия, Африка, Балканы, Америка
	Актинолит (лучистый камень, циллерит)	Силикат магния, кальция и железа	См. тремолит	Северная Америка
	Крокидолит	Силикат железа и натрия	Синий гибкий, кислотоустойчивый, слабо жаростойкий	Капская провинция (Южная Африка)
	Амозит	Высокое содержание железа, кроме того, Al, Mg, Са	Вязкий, прочные волокна, высокая кислотоупорность, пригоден для изготовления пряжи	Трансвааль (Южная Африка)
Серпентиновая (оливиновая)	Хризотил	Водосодержащий силикат магния	Весьма гибкий и жаростойкий, слабо кислотоупорный	Канада, Юж. Родезия, Урал, Сибирь
	Антигорит (баститовый асбест)	Водосодержащий силикат магния	Небольшое промышленное значение, длинноволокнистый, ломкий	Повсеместно, особенно в Канаде, нежелательный спутник асбеста

*П. тр.* Плавится с трудом.

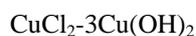
*Поведение в кислотах.* Трудно растворим или нерастворим.

*Сопутствующие минералы.* Серпентин, оливин, тремолит, магнетит, лёллингит, сфалерит, арсенопирит.

*Практическое значение.* Важное сырье для изготовления огнестойкой, жарозащитной и кислотозащитной одежды, огнеупорных строительных материалов, теплоизоляционного материала и т. д. Качества и физические свойства, например эластичность или хрупкость, определяют сферу применения минерала. *Происхождение.* Гидротермальное, в условиях тектонических подвижек.

*Месторождения.* Урал, Сибирь (СССР); Канада; Трансвааль (Южная Африка) и др. (см. таблицу на стр. 96). Проявления повсеместны в областях развития серпентинитов, например Цеблиц в Рудных горах, Кушнап-пель, Хоэнштейн-Эрнсталь, Вальдгейм и др. (ГДР).

## 24. АТАКАМИТ



Гидроксихлорид меди (класс оксигалогенидов) с 59% меди; назван по пустыне Атакама в Чили и Перу

*Цвет.* Травяно-зеленый, черновато-зеленый. *Блеск.* Стекланный, алмазный. *Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий. *Черта.* От светло-зеленой до яблочно-зеленой. *Твердость.* 3,5. *Плотность.* 3,76. *Сингония.* Ромбическая.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *ттрп*.

*Форма кристаллических выделений.* Сплошные, плотные, зернистые, листоватые агрегаты.

*Отношение осей.* 0,658 : 1 : 0,749.

*Спайность.* Совершенная по (010), средняя по (101).

*П. тр.* Плавится.

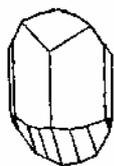
*Поведение в кислотах.* Нерастворим; слабо растворяется в воде.

*Сопутствующие минералы.* Лимонит, гематит, оливинит.

*Сходные минералы.* Малахит, диоптаз.

*Практическое значение.* Медная руда.

*Происхождение.* В зонах окисления медных месторождений в аридном климате.  
*Месторождения.* Пустыня Атакама.



## 25. АУРИПИГМЕНТ

### $As_2S_3$

Лат. «аурум» - золото, «пигмен-тум» — краска

*Химический состав.* Мышьяк (As) 61%, сера (S) 39% (ср. реальгар).

*Цвет.* Лимонно-желтый, часто с буроватым, красноватым оттенком; цвет меняется в зависимости от кристаллографического направления (фото 9). *Блеск.* Стекланный, алмазный, жирный, перламутровый.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Светло-желтая, желтая.

*Твердость.* 1,5—2. *Плотность.* 3,4—3,5.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые, короткопризматические, очень хорошо образованные.

*Кристаллическая структура.* Слоистая молекулярная решетка, слои которой располагаются параллельно оси С.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 1,198 : 1 : 0,443;  $\rho = 90^\circ 27'$ .

*Спайность.* Совершенная по боковым граням призмы (010).

*Агрегаты.* Зернистые, плитчатые, линзовидные, широкошестоватые, радиально-лучистые.

*П. тр.* Легко плавится на угле, давая белый налет; в стеклянной трубке образует мышьяковое зеркало.

*Поведение в кислотах.* Растворим в азотной кислоте и царской водке; выделяющаяся при этом сера всплывает; в едком кали растворим без остатка.

*Сопутствующие минералы.* Реальгар, антимонит, сфалерит, пирит, барит, кальцит в рудных жилах, сольфата-рах, отложениях термальных источников; иногда содержится в глинах, доломитовых известняках, мергелях.

*Сходные минералы.* Реальгар.

*Практическое значение.* Аурипитмент был известен уже древним римлянам (Плиний) и издавна использовался как краска.

*Происхождение.* Образуется гидротермальным путем. *Месторождения.* Салоники (Греция); Эльбрус (Кавказ, СССР); Тукл-Каунти, Юта (США); р. Капник (Румыния); Санкт-Андреасберг в Гарце (ФРГ).



## 26. БАРИТ

### $BaSO_4$

Греч. «барис» — тяжелый. Легко отличается от сходных по внешнему облику минералов (кальцит, доломит) благодаря высокой плотности.

*Химический состав.* Окись бария (BaO) 65,7%, окись серы (SO<sub>3</sub>) 34,3%.

*Цвет.* Белый, серый, красный, желтый, бурый, светло-бурый (фото 24).

*Блеск.* Стекланный, перламутровый.

*Прозрачность.* В тонких сколах просвечивающий, прозрачный.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 3. *Плотность.* 4,3—4,7.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Нередко встречаются красивые многогранные кристаллы; большей частью таблитчатые, реже призматические кристаллы.

*Кристаллическая структура.* Анионный комплекс  $[\text{SO}_4]^{2-}$ -с Ва.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирам.идальный — *mmm*. *Отношение осей.* 1,627 : 1 : 1,310.

*Спайность.* Совершенная (от спайности кальцита отличается прямым углом между плоскостями); минерал образует спайные выколки по ромбической призме.

*Агрегаты.* Зернистые, лучистые, плотные, почковидные, плитчатые, сплошные.

*П. тр.* Растрескивается и плавится лишь по краям тонких осколков, окрашивая пламя в желто-зеленый цвет (характерный для бария).

*Поведение в кислотах.* В порошкообразном виде медленно растворяется в концентрированной серной кислоте; от прибавления воды раствор мутнеет из-за выпадения  $\text{BaSO}_4$ .

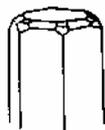
*Сопутствующие минералы.* Кальцит, флюорит, сидерит, пирит, галенит и др.

*Сходные минералы.* Целестин, арагонит, кальцит, полевые шпаты, ангидрит.

*Практическое значение.* Прежде всего используется как утяжелитель для буровых глинистых растворов, как защита от облучения в рентгеновской технике, для получения белой краски и в иных целях.

*Происхождение.* Отлагается большей частью гидротермальным путем в трещинах вместе с флюоритом, кальцитом, сидеритом и др.; иногда имеет осадочно-хемо-генное происхождение.

*Месторождения.* Вместе с лимонитом и пиролюзитом в Рудных горах, Штольберг, Кмфхэйзер (Гарц), Шмаль-кальден, Ильменау (Тюрингенский Лес) и другие районы (ГДР); Мегген на р. Ленне, где он приурочен к мощным залежам пирита (ФРГ); многочисленные залежи встречаются повсеместно.



## 27. БЕРИЛЛ



Греч. «бериллос» — берилл; название драгоценных камней, которые древние римляне шлифовали для получения зрительных стекол; отсюда немецкое название очков (Brille)

*Химический состав.* Окись бериллия ( $\text{BeO}$ ) 14,1%, окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 19,0%, окись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 66,9%; примеси: натрий, калий, литий, рубидий, цезий, гелий, иногда в небольших количествах хром.

*Цвет.* Зеленовато-белый, желтый, желтовато-зеленый, синий, густо-зеленый, розовый, бесцветный; также непрозрачный. В зависимости от цвета различают *изумруд* или *смарагд* (греч. «смарагдос» — зеленый драгоценный камень) —зеленый, изумрудно-зеленый берилл, цвет которого обусловлен незначительным содержанием хрома; *аквамарин* (греч. «аква» — вода, «маре» — море) — прозрачный синевато-голубой берилл; *воробьевит*— розовый берилл, цезийсодержащая разновидность, названная по имени русского минералога В. И. Воробьева; *гелиодор* (греч. «дорон» — подарок) — берилл, окрашенный незначительным количеством окиси железа в желтый цвет.

*Блеск.* Стеклянный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 7,5—8, хрупкий.

*Плотность.* 2,63—2,91. *Излом.* Неровный, часто раковистый.

*Сингония.* Гексагональная.

*Форма кристаллов.* Столбчатые, шестигранные призмы с многочисленными дополнительными гранями (один из минералов с наибольшим числом граней).

*Кристаллическая структура.* Островная структура: каждые шесть тетраэдров  $\text{SiO}_4$  образуют самостоятельные шестерные кольца.

*Класс симметрии.* Дигексагонально-бипирамидальный — *6/mmm*.

*Отношение осей.*  $c/a=0,4989$ .

*Спайность.* Средняя различной степени по призме и базису (пинакоид) (001), (НО), несовершенная по (010).

*Агрегаты.* Плотные, вкрапленность. *П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Нерастворим.

*Сопутствующие минералы.* Полевой шпат, биотит, мусковит, кварц, топаз, турмалин, касситерит и др.

*Сходные минералы.* Апатит, топаз, турмалин, кварц, хризоберилл, пренит, флюорит.

*Практическое значение.* Руда одного из наиболее легких металлов — бериллия, который существенно легче алюминия ( $r_{вс}=1,85$ ,  $r_{Аi} = 2,70$ ); находит разностороннее применение в качестве легирующего металла (бериллиевые стали, материал для космических кораблей). Прозрачные цветные разновидности, изумрудно-зеленые и розовые, используются в качестве драгоценных камней.

*Происхождение.* Чаще всего встречается в гранитных пегматитах, в друзах в гранитах; в касситеритовых жилах в ассоциации с гневматолиитовыми минералами, в слюдяных сланцах, гнейсах, хлоритовых сланцах, глинистых сланцах, образуясь большей частью гидротермальным путем.

*Месторождения.* Ильменские горы (Урал), Забайкалье и другие районы СССР; крупные месторождения с бериллом в Спитскопе (Южно-Африканская Республика); Колумбия; Бразилия; горы Блэк-Хилс (США); Австралия; Мадагаскар; Португалия; в ГДР в Рудных горах: в крупнозернистых гранитах близ Гейера, Эренфридерсдорфа, Альтенберга, Шеллерхау, Иоганнгеор-генштадта; спорадические проявления в сиенитах близ Дрездена.

## 28. БЁМИТ

### Y-AlOON

Назван по фамилии первооткрывателя — Бёма, обнаружившего этот минерал при рентгенометрическом изучении бокситов

*Химический состав.* Глинозем ( $Al_2O_3$ ) 84,97%, вода ( $H_2O$ ) 15,03%; примеси: окись железа ( $Fe_2O_3$ ) и окись галлия ( $Ga_2O_3$ ), а также механическая примесь опала.

*Цвет.* Бесцветный, белый, с желтоватым оттенком.

*Черта.* Белая, серая. *Твердость.* 3,5. *Плотность.* 3,01—3,06.

*Сингония.* Ромбическая.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *тнпт*.

*Отношение осей.* 0,300 : 1 : 0,234.

*Агрегаты.* Криптокристаллические (плотные) массы в бокситах.

*П. тр.* Выделяет воду.

*Поведение в кислотах.* Нерастворим. (Вследствие криптокристаллического строения (мельчайшие кристаллики) бёмит может быть выделен лишь рентгенографически.)

*Сопутствующие минералы.* Гидраргиллит, диаспор, каолинит и др.

*Практическое значение.* Руда Al.

*Происхождение.* Образуется обычно при разложении и гидролизе силикатов алюминия (особенно при выветривании полевых шпатов) в условиях тропического климата. Бёмит является составной частью алюминиевой руды — бокситов, встречаясь, как правило, вместе с гидраргиллитом, диаспором и др.

*Месторождения.* Бокситы в Южной Франции, Югославии, Венгрии, на Урале и др.

## 29. БИОТИТ



Назван по фамилии французского физика Био (1774—1862).

Представляет собой калий-алюминий-мапний-железосодержащую слюду. Широко распространен и составляет 2,5—3% земной коры

*Химический состав.* Весьма изменчив; окись калия ( $K_2O$ ) 4,5—8,5%, окись магния ( $MgO$ ) 0,3—28%, закись железа ( $FeO$ ) 2,8—27,5%, окись железа ( $Fe_2O_3$ ) 0,3—20,5%, окись алюминия ( $Al_2O_3$ ) 9,5—31,5%, окись кремния ( $SiO_2$ ) 33—45%, вода ( $H_2O$ ) 6—11,5%; примеси: окисные соединения титана, натрия, лития, марганца, бария, стронция, цезия. В химическом отношении биотит «всеяден»: в нем встречаются многочисленные химические элементы. Разновидности: *мероксен* (греч. «гмерокс» — чуждый) — нормальный, бедный железом биотит; *лепидомелан* (греч. «левидос» — чешуя, «мелас» — черный); *сидерофиллит* (греч. «сидер» — железо, «филлос» — лист) — весьма богатый железом и почти не содержащий магния биотит.

*Цвет.* Черный, темно-бурый, темно-зеленый (в зависимости от содержания железа); осветленный биотит (бронзового цвета) иногда называют кошачьим золотом (бауэрит).

*Блеск.* Стекланный, металлоидный, перламутровый. *Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий. *Черта.* Белая. *Твердость.* 2,5—3.

*Плотность.* 3,02—3,12.

*Излом.* Минерал эластичный, гибкий, расщепляется на листочки. *Сингония.* Моноклинная.  $t \dots$

*Форма кристаллов.* Столбчатые, псевдогексагональные, таблитчатые.

*Кристаллическая структура.* Слоистая решетка.

*Класс симметрии.* Призматический —  $2/m$ .

*Отношение осей.* 0,575 : 1 : 1,103;  $\rho = 99^\circ 18'$ .

*Спайность.*.. Весьма совершенная по базису (плоскость спайности) (001), несовершенная по боковым граням и граням призмы.

*Агрегаты.* Плотные, листоватые, чешуйчатые.

*П. тр.* С трудом плавится в серое или черное стекло (в зависимости от содержания железа).

*Поведение в кислотах.* В концентрированной серной кислоте полностью разлагается.

*Сопутствующие минералы.* Кварц, полевые шпаты, мусковит, авгит, роговая обманка и др.

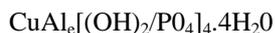
*Сходные минералы.* Гидробиотит, темный вермикулит.

*Практическое значение.* Не имеет; иногда находит применение в качестве блесков для игрушек, театральных декораций.

*Происхождение.* Биотит является важным породообразующим минералом гранитов, гранодиоритов, трахитов, Реже встречается в более основных и очень редко — в основных породах (базальты). Широко распространен «в пегматитах». Во многих метаморфических породах (контактовые роговики, слюдяные сланцы, парагнейсы, ортогнейсы) встречается в виде мелкочешуйчатых, иногда плотных шлировых выделений. Распространен повсеместно.

*Месторождения.* В ГДР в гранитах Броккен (Гарц), гранитах и гранодиоритах Лаузица, в гранит-сиенитовом (Массиве Мейсен, в гранитах, гнейсах и контактовых роговиках Рудных гор. Идиоморфные кристаллы биотита встречаются в базальтах Обервизентала. В саксонских Гранулитавых горах развиты биотитовые пегматиты. Биотит является также заметной составной частью кордиеритовых гнейсов в окрестностях Бург-штедта и гранитов, пегматитов и кристаллических сланцев Тюрингенского Леса.

### 30. БИРЮЗА



Синоним: каллаит (у Плиния Callais)

*Химический состав.* Окись меди (CuO) 9,78%, окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 37,6%, пятиокись фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 34,9%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 17,7%.

*Цвет.* Голубой, зеленовато-голубой, небесно-голубой.

*Блеск.* Восковой. *Прозрачность.* Непрозрачная.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5—6, довольно хрупкая.

*Плотность.* 2,6—2,9.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Триклинная.

*Форма кристаллических выделений* (криптокристаллических). Почковидные образования, корочки, прожилки.

*Класс симметрии.* Пинакоидальный — 1.

*Отношение осей.* 0,752:1:0,773;  $a=111^\circ 39'$ ,  $\rho = 115^\circ 23'$ ,  $\Upsilon = 69^\circ 26'$ .

*П. тр.* Не плавится, в закрытой стеклянной трубочке выделяет много воды.

*Поведение в кислотах.* Растворима. *Сопутствующие минералы.* Лимонит, халцедон.

*Сходные минералы.* Лазурит.

*Практическое значение.* Ювелирно-поделочный камень.

*Происхождение.* Образуется при выветривании богатых фосфором алюминийсодержащих пород, выполняет трещины в кремнистых и глинистых сланцах и песчаниках.

*Месторождения.* Маден (Турция); Синайский п-ов; Ка-ратюбе близ Самарканда (СССР); Эльсниц, Вейксдорф (ГДР); Лос-Серрильос в шт. Нью-Мексико (США) и другие месторождения.

### 31. БИТОВНИТ

Альбит (30—10%)+анортит (70—90%)

Назван по городу Битаун; очень похож на Лабрадор

Минерал группы полевых шпатов

*Химический состав.* См. рис. 23.

*Цвет.* Белый, серый, бурый, синий.

*Блеск.* Стекланный, перламутровый, жирный; иногда битовнит обнаруживает синее, красноватое, зеленое мерцание (лабрадоризация); ср. анортоклаз, Лабрадор.

*Прозрачность.* Просвечивающий; непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6, хрупкий.

*Плотность.* 2,75.

*Излом.* Неровный, раковистый.

*Сингония.* Триклинная.

*Форма кристаллов.* Столбчатые, толстотаблитчатые; изредка кристаллы встречаются в базальтовых вулканических пеплах.

*Кристаллическая структура.* Каркасная решетка с непрерывным трехмерным каркасом (SiAl)O<sub>4</sub>.

*Класс симметрии.* Пинакоидальный — 1.

*Отношение осей.* 0,635:1:1,102;  $\alpha=93^\circ22'$ ,  $\beta=115^\circ58'$ ,  $\gamma=90^\circ31'$ .

*Спайность.* Совершенная по базису (P) (001), средняя по боковым граням (M) и граням призмы (T) (см. полевые шпаты).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые. *П. тр.* Плавится с трудом.

*Поведение в кислотах.* Разлагается.

*Сопутствующие минералы.* Оливин, пироксены, ильменит, хромит, пирротин, пентландит, халькопирит и др. *Практическое значение.* Ирризирующие разности используются как поделочный камень, для облицовки стен, для изготовления памятников.

*Происхождение.* Породообразующий минерал пород группы габбро (троктолит, норит, переходные породы перидотит-габбрового состава), в олишовых базальтах, вулканических пеплах. Скопления относительно редки.

*Местонахождения.* Этна (Италия); в областях развития габбро и перидотитов на Балканском п-ове (Албания и Югославия) и др.

## 32. БОРАЦИТ

Mg<sub>3</sub>[Cl/B<sub>7</sub>O<sub>13</sub>]

*Химический состав.* Окись бора (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 62,1%, окись магния (MgO) 30,7%, хлор (Cl) 8,1%.

*Цвет.* Бесцветный, серый, с зеленоватым, синеватым оттенком, желтый.

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая, светло-серая.

*Твердость.* 7. *Плотность.* 3,7—3,8.

*Сингония.* Псевдокубическая, ромбическая, псевдотетрагональная.

*Класс симметрии.* Ромбо-пирамидальный —  $m\bar{2}$ . *Форма кристаллических выделений.* Плотные, узловые (борацит), волокнистые, землистые (стассфуртит). *Отношение осей.* 1,000 : 1 : 1,413. *Спайность.* Отсутствует; излом раковистый. *П. тр.* Легко плавится.

*Поведение в кислотах.* Медленно растворяется в соляной кислоте.

*Сопутствующие минералы.* Ангидрит, гипс, карналлит, каменная соль, сильвин.

*Сходные минералы.* Сенармонтит (гораздо менее твердый).

*Практическое значение.* Возможная руда бора. *Происхождение.* Образуется в залежах каменной « калийной солей.

*Месторождения.* Штассфурт, Вестрегельн, Бернбург (ГДР); Люнебург (ФРГ).

## 33. БОРНИТ

Cu<sub>5</sub>S.(Fe, Cu)S

Назван по фамилии австрийского металлурга И. фон Борна

Синоним: пестрая медная руда (сульфид меди)

*Химический состав.* Медь (Cu) 55—69%, железо (Fe) 11,2%, сера (S) 25%; в виде примеси часто встречается серебро.

*Цвет.* Медно-красный, бронзово-желтый с красноватым оттенком, фиолетовый с синей побелостью.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Серовато-черная,

*Твердость.* 3,5—4.

*Плотность.* 4,9—5,1.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Тетрагональная.

*Форма кристаллических выделений.* Грубо ограненные кубики; кристаллы редки.

*Кристаллическая структура.* Сложная кубическая решетка.

*Класс симметрии.* Тетрагонально-скаленоэдрический — 42т.

*Отношение осей,  $a/c = 2,000$ .*

*Спайность.* Редко проявляется несовершенная спайность по (100).

*Агрегаты.* Плотные, мелкозернистые.

*П. тр.* Сплавляется в магнитный шарик, на угле с содой дает королек меди.

*Поведение в кислотах.* Растворим в  $\text{HNO}_3$ .

*Сопутствующие минералы.* Халькопирит, халькозин, сфалерит, пирит, галенит, магнетит и др.

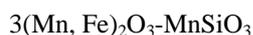
*Сходные минералы.* Ковеллин, если борнит окислен и имеет интенсивную побежалость.

*Практическое значение.* Иногда используется как - медная руда. Поскольку борнит содержит гораздо больше меди, чем халькопирит (медный колчедан), вкрапленные борнитовые руды при больших запасах могут даже использоваться для промышленной разработки.

*Происхождение.* Образуется «пегматитовым», пневмато-литово-гидротермальным путем вместе с халькозином и энаргитом, вторичный в зонах вторичного сульфидного обогащения с малахитом, азурином, реже купритом.

*Месторождения.* С серным колчеданом на Урале, в медистых песчаниках Центрального Казахстана и в других районах (СССР); Бьютт в Монтане (США); Цумб (Намибия); в медистых сланцах Мансфельда, Эйслебена, Зангерхаузена (ГДР); Люблин (Польша) и др.

### 34. БРАУНИТ



Назван по фамилии естествоиспытателя К. Брауна

*Химический состав.* Закись марганца ( $\text{MnO}$ ) 44,8%, окись марганца ( $\text{MnO}_2$ ) 55,2%; часто содержит до 8% окиси кремния и до 10% железа.

*Цвет.* Черный, железно-черный.

*Блеск.* Полуметаллический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная, с буроватым оттенком.

*Твердость.* 6—6,5.

*Плотность.* 4,7—5,0.

*Излом.* Характерного излома не имеет.

*Сингония,* Тетрагональная.

*Форма кристаллических выделений.* Псевдооктаэдрические кристаллы; большей частью встречается в плотных зернистых массах.

*Класс симметрии.* Тетрагонально-скаленоэдрический — 42т.

*Отношение осей,  $c/a = 1,962$ .*

*Спайность.* Заметная по октаэдру (111).

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* С трудом растворяется в  $\text{HCl}$ , в  $\text{HNO}_3$  разлагается на  $\text{MnO}$  и  $\text{MnO}_2$  (в осадке).

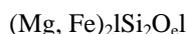
*Сопутствующие минералы.* Гаусманит, пиролюзит, лси-ломелан, барит, кальцит, кварц и др.

*Сходные минералы.* Магнетит, гаусманит.

*Практическое значение.* Браунитовые руды используются для получения ферромарганца.

*Происхождение.* Браунит является важной марганцевой рудой. Наряду с иными способами он образуется кон-тактово-метасоматическим и гидротермальным путем. *Месторождения.* Крупные месторождения находятся в Центральном Казахстане, на Урале (СССР); Ситабар (Индия); шт. Минас-Жерайс (Бразилия); Лостмасбург (Южная Африка). В ГДР трещины, выполненные марганцевыми рудами, встречаются в порфирах близ Иль-фельда в Гарце, у Эльгерсбурга и Эренштока в Тюрин-генском Лесу.

### 35. БРОНЗИТ



Минерал назван так из-за своего бронзового отлива

*Химический состав.* Бронзит представляет собой богатую железом разновидность энстатита, в которой содержится до 14% окиси железа (25%  $\text{FeSiO}_3$ ).

*Цвет.* Бурый, бронзово-бурый, зеленый.

*Блеск.* Полуметаллический, шелковистый.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5—6.

*Плотность.* 3,2—3,5.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллических выделений.* Плотные, крупнозернистые агрегаты.

*Кристаллическая структура.* Простые цепочки ионов (см. пироксены).

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный.

*Отношение осей.* 2,062 : 1 : 0,588.

*Спайность.* Средняя по призме (100), штриховка на плоскостях спайности.

*Агрегаты.* Плотные, сливные. *П. тр.* Почти не плавится.

*Поведение в кислотах.* Почти не растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Оливин, энстатит, диоксид, серпентин, хромит, магнетит и др.

*Сходные минералы.* Энстатит, гиперстен.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Бронзит кристаллизуется из ультраосновных — основных расплавов и характерен для перидотитов, норитов, габбро; кроме того, является основным компонентом бронзититов, к которым иногда приурочены месторождения хромита и платины.

*Месторождения.* Хоэнштейн-Эрнсталь (так называемые бронзитовые серпентиниты) (ГДР); Урал (СССР); Краубат (Альпы) (Австрия); Балканский п-ов; Юж-ная Африка.

### 36. БУЛАНЖЕРИТ

$Pb_6Sb_4S_{11}$ , или  $5PbS-2Sb_2S_8$

Назван по фамилии французского геолога Буланже

*Химический состав.* Свинец (Pb) 55,4%, сурьма (Sb) 25,7%, сера (S) 18,9%.

*Цвет.* Свинцово-серый до железно-черного.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная, бурая, буро-серая.

*Твердость.* 2,5—3, хрупкий.

*Плотность.* 6,23.

*Излом.* Характерного излома не имеет.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллических выделений.* Мелкозернистые, спутанно-волокнистые, волосовидные агрегаты. *Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,917 : 1 : 0,344;  $\rho = 100^\circ 48'$  ;

*Спайность.* Средняя.

*Агрегаты.* Мелковолокнистые.

*П. тр.* Легко плавится, на угле дает свинцовый королек и белый налет трехоксида сурьмы ( $Sb_2O_3$ ).

*Поведение в кислотах.* Растворяется в горячей  $HNO_3$  и  $HCl$ .

*Сопутствующие минералы.* Галенит, сфалерит, пирит, арсенопирит.

*Сходные минералы.* Антимонит, джемсонит, свинчак (см. галенит).

*Практическое значение.* В крупных скоплениях важен как руда Pb. Встречается довольно часто, иногда в значительных количествах.

*Происхождение.* Встречается в гидротермальных месторождениях свинцово-цинковых руд в ассоциации с сульфидными минералами свинца и меди, галенитом (свинцовый блеск), сфалеритом (цинковая обманка), пиритом, арсенопиритом и др. Часто представляет собой позднее образование. В зоне окисления легко разрушается с образованием церуссита и гидроксида сурьмы. В ГДР встречается близ Вольфсберга, Нейдорф в Гарце, в ФРГ у Оберлара, Хорхаузена (Северный Рейн — Вестфалия); Пршибрам (ЧССР); Трепча (Югославия).

### 37. БУРА

$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$

Синоним: тинкал

Водная окись натрия — бора, содержит 36,7% окиси бора ( $B_2O_3$ ).

*Цвет.* Бесцветная, белая, серая, с желтоватым, синеватым, зеленоватым оттенком.  
*Блеск.* Стеклообразный и жирный.  
*Прозрачность.* Просвечивающая.  
*Черта.* Белая, серая.  
*Твердость.* 2—2,5.  
*Плотность.* 1,69—1,8.  
*Сингония.* Моноклинная.  
*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.  
*Форма кристаллических выделений.* Волокнистые и землистые агрегаты.  
*Отношение осей.* 1,114 : 1 : 1,159;  $\rho = 106^\circ 35'$ .  
*Спайность.* Средняя по (100), (110).  
*П. тр.* Легко вспучивается, сплавляется.  
*Поведение в воде.* Растворяется, образуя слабощелочной сладковатый «а вкус раствор.  
*Сходные минералы.* Сассолин, кернит.  
*Практическое значение.* Служит для извлечения бора.  
*Происхождение.* Образуется в прибрежных илах борных озер, в жерлах вулканов.  
*Месторождения.* Кашмир; Тибет; Калифорния; пустыня Невада и др.

### 38. БУРНОНИТ

$\text{CuPbSbS}_3$

Назван по фамилии французского кристаллографа Бур-нона. Синонимы: бертонит, колесная руда  
*Химический состав.* Медь (Cu) 13,0%, свинец (Pb) 42,4%, сурьма (Sb) 24,9%, сера (S) 19,7% (сульфид меди, свинца, сурьмы).

*Цвет.* Стально-серый, темно-серый, с томпаково-бурой побежалостью.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Серая.

*Твердость.* 3.

*Плотность.* 5,7—5,9.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Хорошо образованные кристаллы; псевдотетрагональные, короткопризматические или толстотаблитчатые кристаллы; встречаются двойники, часто полисинтетические, в виде креста или колеса.

*Кристаллическая структура.* Еще не изучена.

*Класс симметрии.* Ромбо-пирамидальный —  $m\bar{3}2$ .

*Отношение осей.* 0,923 : 1 : 0,873.

*Спайность.* Отчетливая параллельно оси  $c$  (010) [Чаще у бурнонита наблюдается несовершенная спайность по (010). — *Прим. перев.*].

*Агрегаты.* Неправильные зерна, сплошные массы. *П. тр.* Легко плавится на угле с образованием свинцо-во-медного шарика.

*Поведение в кислотах.* Растворим в  $\text{HNO}_3$  с выпадением серы и окиси сурьмы ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ).

*Сопутствующие минералы.* Тетраэдрит, галенит.

*Сходные минералы.* Буланжерит, блеклая руда.

*Практическое значение.* Иногда используется как руда на медь, свинец и сурьму.

*Происхождение.* Гидротермальное (эпитермальное). Образует мелкие выделения. Редко встречается в свинцо-во-медных месторождениях. Последний тип известен в Украинской ССР. В ассоциации с золотом бурнонит встречается в Забайкалье (СССР).

*Месторождения.* Брэйнсдорф у Фрейберга и Ленген-фельд в Рудных горах, Вольфсберг, Нейдорф в Гарце (ГДР); Андреасберг, Клаусталь (Гарц), Оберлар, Хорхаузен (Северный Рейн — Вестфалия) (ФРГ); Пршиб-іраМ (ЧССР); Бая-Сприе, р. Капник (Румыния); Англия; Боливия; Перу; Мексика; Чили; США; Канада; Австралия; распространен повсеместно.

### 39. ВАВЕЛЛИТ

$\text{Al}_3[(\text{OH})_3/(\text{PO}_4)_2] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Назван по фамилии первооткрывателя д-ра Вавелла фон Бабингтона (1805)

*Химический состав.* Окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 36,6%, пятиокись фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 34,06%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 27,4%.

*Цвет.* Белый, серый, желтоватый, зеленоватый, синий

*Блеск.* Стеклоанный, шелковистый.

*Прозрачность.* Прозрачный.

*Черта.* Белая, светло-серая.

*Твердость.* 3,5—4.

*Плотность.* 2,3—2,4.

*Сингония.* Ромбическая. *Форма кристаллов.* Игольчатые.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *mmm*.

*Отношение осей.* 0,555 : 1 : 0,403.

*Спайность.* Хорошая по (010).

*Агрегаты.* Почковидные и шаровидные конкреции ра-диально-лучистого строения.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в HCl.

*Сопутствующие минералы.* Гематит, лимонит, пиролюзит.

*Сходные минералы.* Натролит, гидрагиллит, преннт.

*Практическое значение.* Иногда залежи вавеллита разрабатываются на фосфор.

*Происхождение.* Образуется гидротермальным путем в трещинах и ,в полостях отслаивания фосфоритовых пород, в качестве хемогенного осадка в сланцах, содержащих фосфорную кислоту, в кремнистых, глинистых, песчаных сланцах и в кварцитах.

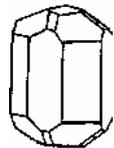
*Месторождения.* Франкенберг, Лангенштригис, Америка близ Рохсбурга, Иоганнгеоргенштадт, Эбеншток, Ребес-грюн (ГДР); Амберг, Лан-Дилль (ФРГ); Сент-Аостелл в Корнуэлле, Бернстейпл, Девоншир (Англия); шт. Арканзас (США); Оуро-Прето (Бразилия); Ллаллагуа (Боливия) и другие месторождения.

#### 40. ВЕЗУВИАН



Назван по месту находки — вулкану Везувий

Синоним: вилуит (вилуит) (назван по р. Виллой в Якутии)



*Химический состав.* Сложный, варьирующий. Окись кальция (CaO) 33—37%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 13—16%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 35—39%, вода (H<sub>2</sub>O) 2—3%, фтор (F) до 2%. Кроме того, в состав минерала входят калий, натрий, литий, магний, железо, марганец, стронций, хром, титан, бериллий.

*Цвет.* Серый, желтый, бурый, зеленый, черный, редко голубой, розовый, красный.

*Блеск.* Стеклоанный, жирный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 6,5, хрупкий.

*Плотность.* 3,34—3,44.

*Излом.* Шероховатый, занозистый, неровный.

*Сингония.* Тетрагональная. *Форма кристаллов.* Призматические.

*Структура решетки.* Имеет много общего со структурой граната.

*Класс симметрии.* Дитетрагонально-бипирамидальный — *4/mmm*.

*Отношение осей, c/a=0,757.*

*Спайность.* Несовершенная, несколько лучше по призме (ПО).

*Агрегаты.* Плотные, мелкозернистые, лучистые, покрытые штриховкой (эгеран).

*П. тр.* Легко плавится, вспучивается благодаря удалению летучих компонентов, особенно воды.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется или частично растворяется в HCl.

*Сопутствующие минералы.* Гранаты, диопсид, амфибол, волластонит, кальцит, хлорит, магнетит, пирит, пирротин и др.

*Сходные минералы.* Гроссуляр, касситерит, турмалин, рутил, скаполит.

По цвету среди везувианов выделяют следующие разновидности (в том числе и драгоценные камни): оливково-зеленый *идоокраз*, темно-зеленый *калифорнит*, желто-зеленый *эгеран*, синий *циприн*.

*Практическое значение.* Почти не имеет (иногда красивые разновидности могут быть использованы в качестве драгоценных камней).

*Происхождение.* Образуется при контактовом метаморфизме и метасоматозе известняков, доломитов, мергелей сингенетично с образованием известково-силикат-ных пород. Везувианом обогащены вулканические

выбросы Монте-Соммы (Везувий); в качестве сплошных масс (известково-силикатные скарны с рудными и другими минералами) встречается близ Шварценберга (Брейтенбрунн) в Рудных горах (ГДР) и в области развития гнейсов близ Чёпа (ЧССР). Повсеместно приурочен к известково-силикатным породам.

#### 41. ВЕРМИКУЛИТ



Лат. «вермикулус» — червячок; название дано в связи с тем, что при нагревании минерал благодаря потере большого количества кристаллизационной воды вспучивается, сильно разбухает и образует червеобразные агрегаты. Минерал группы гидрослюдов.

*Химический состав.* Окись магния (MgO) 14—23%, закись железа (FeO) 1—3%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 5—17%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 10—13%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 37—42%, вода (H<sub>2</sub>O) 8—18%.

*Цвет.* Бурый, желтовато-бурый, золотисто-желтый, бронзово-желтый, зеленоватый до черноватого.

*Блеск.* Жирный, стеклянный (на плоскостях спайности перламутровый).

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая, желтоватая, блестящая. *Твердость.* 1—1,5.

*Плотность.* 2,4—2,7.

*Излом.* Минерал расщепляется на тонкие листочки.

*Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллов.* Плохо проявлена, иногда это маленькие «пакеты слюды», но чаще встречаются листоватые агрегаты; характерны также псевдоморфозы по биотиту и флогопиту.

*Кристаллическая структура.* Слоистая.

*Класс симметрии.* Вероятно, призматический — 2/m.

*Отношение осей.* — 0,6 : 1 : ~3,2;  $\alpha = 97^\circ$ . *Спайность.* Хорошая по базису (001).

*П. тр.* Очень сильно вспучивается. *Поведение в кислотах.* Разлагается в HCl.

*Сопутствующие минералы.* Биотит, флогопит, минералы группы серпентина: хризотил, антигорит, хлорит, магнезит.

*Сходные минералы.* Биотит, флогопит, конечный продукт выветривания биотита (бауэрит), хлорит.

*Практическое значение.* Обожженный, прошедший стадию вспучивания вермикулит находит применение в качестве легкого строительного материала, а также в качестве звуко- и теплоизолятора, в самолетостроении и в других отраслях промышленности.

*Происхождение.* Образуется гидротермальным путем, преимущественно в интрузивных массивах основного состава.

*Месторождения.* Мало распространен. Урал и другие регионы (СССР); Либби в шт. Монтана (США); серпентиниты саксонских Рудных гор и Гранулитовых гор (Зёблиц, Аншпрунг, Кушнапель, Хоэнштейн-Эрнсталь, Бёриген, Вальдгейм и др.) (ГДР).

#### 42. ВИВИАНИТ



Фосфат железа, содержащий кристаллизационную воду

*Химический состав.* Закись железа (FeO) 43,0%, пятиокись фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 28,3%, вода (H<sub>2</sub>O) 28,7%.

*Цвет.* Светлый, серый, зеленый.

*Блеск.* Стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Бесцветная. *Твердость.* 1,5—2. *Плотность.* 2,65. *Сингония.* Моноклиная.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Форма кристаллических выделений.* Лучистые, игольчатые, столбчатые кристаллы, звездчатые сростки, землистые или плотные массы.

*Отношение осей.* 0,751 : 1 : 0,350;  $\rho = 104^\circ 30'$ .

*Спайность.* Хорошая по (010).

*П. тр.* Краснеет, сплавляется в серый магнитный королек.

*Поведение в кислотах.* Легко растворяется в соляной и азотной кислотах.

*Практическое значение.* Дешевая синяя краска.

*Происхождение.* Широко распространен в осадочных железорудных месторождениях, содержится в ископаемых костях, в залежах торфа; фосфорная кислота образуется из органических остатков (главным образом костей).

*Месторождения.* Вивианит распространен в месторождениях бурого угля Керченского п-ова и п-ова Тамань

(СССР); хорошие кристаллы известны в Вальдзасене в Баварии (ФРГ); встречается в бурых углях Мекленбурга, в силурийских кварцевых сланцах Тюрингии (ГДР) и в других районах.

#### 43. ВИСМУТ

Bi

*Химический состав.* Обычно в самородном висмуте присутствуют лишь следы железа, серы, мышьяка и сурьмы.

*Цвет.* Красноватый, серебристо-белый, обычно с пестрой, зеленой или красной побежалостью.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Светло-серая, серебристо-белая, блестящая.

*Твердость.* 2.

*Плотность.* 9,7—9,8.

*Излом.* Минерал шершавый на ощупь.

*Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Кубические. Дендриты (скелетные кристаллы). Кристаллы редки.

*Спайность.* Хорошая по (0001), (0221), ковкий.

*Класс симметрии.* Дитригонально-скаленоэдрический — *3m*.

*Агрегаты.* Плотные, зернистые.

*П. тр.* (Плавится очень легко, испаряясь, образует налет на угле, сначала белый, после остывания — лимонно-желтый).

*Поведение в кислотах.* Легко растворяется в  $\text{HNO}_3$ .

*Сопутствующие минералы.* Висмутовый блеск, арсено-пирит, вольфрамит, топаз и др.

*Сходные минералы.* Никелин.

*Практическое значение.* Важная руда висмута.

*Происхождение.* Пневматолитово-гидротермальное, часто генетически связан с олово-вольфрамовыми месторождениями, с арсеником, висмутовым блеском, топазом, бериллом, турмалином; в гидротермальных месторождениях самородный висмут ассоциирует с минералами никеля, кобальта, урана.

*Месторождения.* Многочисленные рудные жилы западных Рудных гор: Шнеберг, Аннаберг, Яхимов и др.; в существенных количествах вместе с висмутином встречается в Боливии, Австралии и в других местах.

#### 44. ВИСМУТИН

$\text{Bi}_2\text{S}_3$

Предположительно назван по руднику Визенматт, где производилась его добыча

Синонимы: бисмутинит, висмутовый блеск

*Химический состав.* Висмут (Bi) 81,2%, сера (S) 18,8%, большей частью с незначительными примесями свинца, меди, железа, мышьяка, сурьмы, теллура.

*Цвет.* Оловянно-белый до свинцово-серого.

*Блеск.* Сильный металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Темно-серая, черная.

*Твердость.* 2,5. *Плотность.* 6,8—7,2.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Столбчатые кристаллы; грани кристаллов обычно покрыты тонкой вертикальной штриховкой.

*Кристаллическая структура.* Аналогична структуре антимонита.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *3m*.

*Отношение осей.* 0,993 : 1 : 0,340. *Спайность.* Совершенная по призме (010).

*Агрегаты.* Лучистые образования, сплошные зернистые массивные скопления.

*П. тр.* Легко плавится на угле, оставляя лимонно-желтый налет окиси висмута, в восстановительном пламени плавится в висмутовый королек.

*Поведение в кислотах.* Легко растворяется в азотной кислоте.

*Сопутствующие минералы.* Смальтит, герсдорфит, халькопирит, сидерит, кварц, самородный висмут, вольфрамит, магнетит, амфиболы, пироксены, гранат, кальцит.

*Сходные минералы.* Антимонит.

*Практическое значение.* Висмутинит — важная руда висмута, используется в легкоплавких сплавах, и в

первую очередь в стекольной промышленности, медицине, косметике.

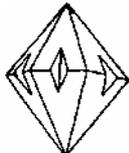
*Происхождение.* Образуется гидротермальным путем в жильных и контактово-метасоматических месторождениях, переходных между гидротермальными и пневма-толитовыми.

*Месторождения.* Разнообразные жильные месторождения близ Иоганнгеоргенштадта, Зоза, Эренфридерсдорф, Ауэ, Шнеберг, Шварценберг, медные рудники Са-дисдорфа, оловянные рудники Альтенберга и другие месторождения Рудных гор (ГДР); вулканический пояс внутренней Карпатской дуги (Румыния); близ Ташкента (СССР); месторождения в Андах (в Боливии и Перу).

#### 45. ВИТЕРИТ



Назван по фамилии английского ученого-естествоиспытателя Витеринга (1741—1799)



*Химический состав.* Окись бария (BaO) 77,7%, окись углерода (CO<sub>2</sub>) 22,3%.

*Цвет.* Бесцветный, белый, серый, желтоватый.

*Блеск.* Стеклообразный, матовый. *Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 3—3,5, хрупкий.

*Плотность.* 4,2—4,3.

*Излом.* Неровный. <sup>Г</sup>

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Кристаллы почти всегда сдвойни-кованы и имеют облик гексагональных бипирамид (по форме аналогичны кристаллам кварца).

*Кристаллическая структура.* Аналогична структуре арагонита.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — mmm.

*Отношение осей.* 0,594 : 1 : 0,740. *Спайность.* Отчетливая по боковым граням (010).

*Агрегаты.* Плотные, гроздьевидные, почковидные, волокнистые.

*П. тр.* Легко плавится, окрашивая пламя в зеленый цвет.

*Поведение в кислотах.* Растворяется (с шипением) в разбавленных кислотах.

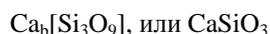
*Сопутствующие минералы.* Галенит, кальцит, барит. *Сходные минералы.* Церуссит, кварц (от последнего отличается низкой твердостью).

*Практическое значение.* Применяется для тех же целей, что и барит.

*Происхождение.* Образуется в гидротермальных месторождениях в ассоциации с кальцитом, доломитом, сульфидами свинца, цинка и железа.

*Месторождения.* Месторождения витерита редки. В качестве примера можно привести Нортамберленд, Калифорния (США); Зальцбург и Штейермарк (Австрия).

#### 46. ВОЛЛАСТОНИТ



Назван в честь английского химика В. Волластона (1766—1828)

Синоним: дощатый шпат

*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 48,3%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 51,7%; иногда в состав входит до 9% закиси железа.

*Цвет.* Белый, серый, со временем наблюдается слабое покраснение.

*Блеск.* Стеклообразный, по спайным плоскостям иногда перламутровый.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 4,5—5.

*Плотность.* 2,78—2,91.

*Сингония.* Триклинная.

*Класс симметрии.* Пинакоидальный — 1.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые, игольчатые, столбчатые, сноповидные, листоватые, иногда плотные массы.

*Отношение осей.* 1,084:1:0,966;  $\alpha = 90^\circ 02'$ ,  $\beta = 95^\circ 22'$ ,  $\gamma = 103^\circ 26'$ .

*Спайность.* Хорошая по (100), (001).

*П. тр.* Плавится с трудом.

*Поведение в кислотах.* В соляной кислоте разлагается с образованием геля кремнезема.

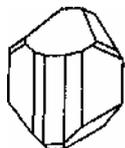
*Сопутствующие минералы.* Гранаты, диопсид, везувиан.

*Сходные минералы.* Тремолит.

*Практическое значение.* Используется для получения белой горной шерсти.

*Происхождение.* Образуется главным образом в мраморах на контакте с гранитами.

*Месторождения.* Берггисхюбель (ГДР); Санта-Фе (Мексика); Монте-Сомма (выбросы) (Везувий, близ Неаполя); Турьинские рудники (Северный Урал) и другие месторождения.



#### 47. ВОЛЬФРАМИТ .....

(Mn, Fe) [WO<sub>4</sub>]

Нем. «вольфриг» (от «вольф» — волк) — прожорливый Старинное название минерала, данное немецкими горняками: этот минерал, встречающийся вместе с касситеритом, неблагоприятно влияет на выплавку олова («пожирает олово, как волк овцу»). К вольфрамитам относятся и конечные члены ряда—гюбнерит (MnWO<sub>4</sub>) и ферберит (FeWO<sub>4</sub>), но большей частью вольфрамит представляет собой смешанные кристаллы гюбнерита и ферберита. Все три разновидности вольфрамитов несколько различаются по ряду внешних признаков

*Химический состав.* До 75% WO<sub>3</sub> (окисел шестивалентного вольфрама). Гюбнерит обогащен магнием, а ферберит — железом. Отмечаются примеси окисия магния (MgO), окиси кальция (CaO), окиси тантала (Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и ниобия (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и окиси олова (SnO<sub>2</sub>).

*Цвет.* Черный, темно-коричневый.

*Блеск.* Металлический, жирный, на плоскостях спайности металлоидный алмазный блеск.

*Прозрачность.* Гюбнерит в тонких сколах просвечивает красно-бурым.

*Черта.* Черная, буро-черная, у ферберита — темно-коричневая, черная, у гюбнерита — желтая, желто-бурая. *Твердость.* 5—6,5, хрупкий.

*Плотность.* 7,1—7,5 (ферберит как богатая железом разновидность отличается большей плотностью).

*Излом.* Неровный. *Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллов.* Толстотаблитчатые, призматические, игольчатые; часты двойники.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,834 : 1 : 0,869;  $\rho = 90^\circ 26'$ .

*Спайность.* Совершенная по боковым граням (010).

*Агрегаты.* Плотные массы, лучистые сростки.

*П. тр.* Сплавляется в магнитный королек.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется.

*Практическое значение.* Вольфрамит — важная руда вольфрама, который используется в производстве сталей и для получения термостойких материалов, находящих применение в космонавтике и других специальных отраслях промышленности.

*Происхождение.* Гюбнерит встречается главным образом в оловорудных пегматитово-пневматолитовых месторождениях. Широко распространены также гидротермальные руды, для которых в большей мере характерен ферберит.

*Месторождения.* В ГДР вольфрамит особенно широко распространен в рудных горах, например в Циннвальде, Садисдорфе, Альтенбурге, Чортау, Пехтельгруне, Тирперсдорфе; в Гарце вокруг гранитного массива Рам-берг. Другие месторождения мира: провинция Юньнань, Квантун (Китай); Корея; Забайкалье (СССР), бассейн р. Колорадо, шт. Южная Дакота, Невада (США); Боливия; Овернь (Франция); Португалия; Испания и др.

#### 48. ВЮРТЦИТ

$\rho$ -ZnS

Назван в честь французского химика А. Вюртца

Синонимы: лучистая обманка, скорлуповатая обманка

*Химический состав.* Цинк (Zn) 67,1%, сера (S) 32,9%; по химическому составу аналогичен сфалериту; обычно характеризуется повышенным содержанием кадмия (важная руда цинка и кадмия).

*Цвет.* Бурый, черный.  
*Блеск.* Стеклообразный, полуметаллический.  
*Прозрачность.* Непрозрачный.  
*Черта.* Светло-бурая. *Твердость.* 3,5—4.  
*Плотность.* 4.

*Излом.* Занозистый, гладкий.

*Сингония.* Гексагональная.

*Форма кристаллов.* Пирамидальные, короткостолбчатые, таблитчатые, скорлуповатые выделения.

*Кристаллическая структура.* Близка структуре сфалерита.

*Класс симметрии.* Дигексагонально-пирамидальный — 6 mm.

*Отношение осей, c/a* = 1,634. Ошйяость. Хорошая по (1010), (0001).

*Агрегаты.* Большой частью плотные, волокнистые, лучистые.

*П. тр.* Растрескивается, плавится с трудом, на угле в окислительном пламени дает белые возгоны окиси цинка.

*Поведение в кислотах.* В концентрированной азотной кислоте разлагается с выпадением серы; по этому признаку сходен со сфалеритом.

*Сопутствующие минералы.* Сфалерит, галенит, сидерит, кварц и др.

*Сходные минералы.* Сфалерит (цинковая обманка).

*Практическое значение.* Важная цинковая руда; встречается в гидротермальных жилах в большинстве случаев в сростках со сфалеритом.

*Месторождения.* Пршибрам (ЧССР); Штольберг (ФРГ); Бьютт, шт. Монтана (США); Урал, Киргизская ССР (СССР).

## 49. ГАЛЕНИТ

PbS

Лат. «галена» — свинцовая руда. Синоним: свинцовый блеск

*Химический состав.* Свинец (Pb) 86,6%, сера (S) 13,4%. Наиболее распространенные примеси: серебро от 0,1 до более чем 1 % (в последнем случае важная серебряная руда), медь, цинк, селен, висмут, железо, мышьяк, сурьма, молибден, уран. Большой частью эти элементы присутствуют в виде включений, например тонкие выделения серебряного блеска вдоль волосных трещинок спайности или мельчайшая вкрапленность в свинцовом блеске.

*Цвет.* Синевато-серый с красноватым отливом, иногда с матовой побежалостью.

*Блеск.* Сильный металлический. *Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Серая, черноватая. *Твердость.* 2,5—3, хрупкий. *Плотность.* 7,2—7,6.

*Излом.* Шпатоподобный, плоскораковистый.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллических выделений.* Гексаэдры, октаэдры, комбинации куба с октаэдром, сплошные массы (фото 10).

*Кристаллическая структура.* Кубическая гранецентрированная решетка типа решетки галита (см. галит).

*Класс симметрии.* Гексооктаэдрический — m3m.

*Спайность.* Совершенная по кубу (100).

*Агрегаты.* Зернистые, плотные. В результате механических напряжений (тектонического давления) возникают весьма плотные массы, называемые «свинчак».

*П. тр.* Легко плавится, точка плавления 1110°C. С содой дает свинцовый королек.

*Поведение в кислотах.* Легко растворяется в азотной кислоте с образованием белого осадка сульфата свинца (PbSO<sub>4</sub>).

*Сопутствующие минералы.* Сфалерит (цинковая обманка), халькопирит (медный колчедан), тетраэдрит, бур-нонит, пирит, марказит, пираргирит, киноварь, барит, флюорит, сидерит, пироморфит, англезит, доломит, анкерит, родохрозит, кварц, кальцит и др. *Сходные минералы.* Антимонит, бурнонит, буланжерит, джемсонит и др.

*Практическое значение.* Важнейшая руда свинца. Наряду со свинцом из галенита в существенных количествах может извлекаться серебро, иногда висмут, медь, цинк и другие металлы.

*Происхождение и типы месторождений.* Галенит образуется гидротермальным путем; это один из распространенных минералов гидротермальной стадии минералообразования. Он встречается, как уже упоминалось, в ассоциации с многочисленными рудными минералами. В рудах обычно представлен тонкозернистыми массами, а также плотными сливными массами (овинчак). Часты сростания со сфалеритом, пиритом, марказитом и аргентитом.

*Районы распространения и месторождения.* Кавказ, Алтай, Забайкалье (СССР); Пршибрам (ЧССР); Трепка (Югославия); шт. Миссури, Колорадо (США); Новый Южный Уэльс (Австралия); саксонские Рудные горы с выработанными месторождениями Фрейберг, Аннаберг, Мариенберг, в Гарце вокруг гранитного массива Рамберг, Гернроде, Нейдорф, Штрасберг, гранитный массив Броккен близ Хассероде и др. (ГДР); Бра-унлаге, Санкт-Андреасберг, Лаутенберг, Клаусталь; другие важные месторождения: Альтенберг, Хольцап-пель (ФРГ); осадочные желваковые руды Мехерниха (Эйфель) и другие месторождения мира.

## 50. ГАЛИТ

NaCl

Греч, «гальс» — соль

Синоним: каменная соль

*Химический состав.* Натрий (Na) 39,4%, хлор (Cl) 60,6%.

*Цвет.* Бесцветный, красный, желтый, синий.

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 2,5.

*Плотность.* 2,2—2,3.

*Излом.* Раковистый. *Сингония.* Кубическая (см. табл. 1).

*Форма кристаллов.* Кубические кристаллы, часто зернистые или шпатоподобные агрегаты (каменная соль).

*Кристаллическая структура.* Типичная ионная постройка. Гранецентрированная кубическая решетка: ионы натрия (Na<sup>+</sup>) и ионы хлора (Cl<sup>-</sup>), чередуясь в кристаллической решетке, располагаются по углам малых кубов (см, табл. 1).

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический — *m3m*.

*Спайность.* Весьма совершенная по кубу; минерал раскалывается в трех направлениях; отличается текучестью.

*Агрегаты.* Зернистые или плотные массы (каменная соль).

*П. тр.* Плавится, окрашивая пламя в желтый цвет. В воде легко растворяется, имеет приятный соленый вкус, чем отличается от очень похожего сильвина, также легко растворяющегося в воде, но имеющего едкий вкус.

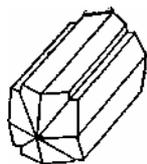
*Сопутствующие минералы.* Гипс, ангидрит, доломит, сильвин, полигалит, карналлит, каинит (горный воск, нефть).

*Сходные минералы.* Сильвин.

*Практическое значение.* Пищевая соль, сырье для изготовления соды, сажный минерал для химической индустрии, применяется также для получения металлического натрия и легированных натрием (например, антифрикционных) сплавов.

*Происхождение и типы месторождений.* Образуется главным образом при высыхании соляных озер в сухом жарком климате и при осаждении в соляных бассейнах вдоль морских побережий. Древние залежи каменной соли, возникшие в минувшие геологические эпохи, были приурочены к пачкам осадочных пород, откуда в ходе геологической истории соль выжималась в процессе складкообразования, образуя соляные столбы, или ди-апиры. В тех случаях, когда каменная соль по тектоническим трещинам достигала поверхности земли, она растекалась, образуя характерные «соляные глетчеры» (Иран). Повышенная текучесть каменной соли обусловлена весьма совершенной спайностью (способностью к трансляции) каменной соли. Подавляющая масса всех залежей каменной соли сформировалась в пермскую геологическую эпоху, но во многих районах мира имеются и более молодые месторождения соли. Иногда каменная соль образуется в кратерах вулканов (фумаролы, сольфатары).

*Месторождения.* Самые крупные соляные залежи расположены в северном полушарии: СССР, Польша, ГДР, ФРГ, США, Канада и другие страны.



## 51. ГАРМОТОМ

$(K_2, Ba)Al_2Si_5O_{14} \cdot 5H_2O$

Греч. «гармос» — трещина, шов, «томос» — выемка Минерал группы цеолитов

*Химический состав.* Окись калия (K<sub>2</sub>O) 0,5—2,5%, окись бария (BaO) 19—21%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 15—19%, вода (H<sub>2</sub>O) 13-15%.

*Цвет.* Бесцветный, белый, мутно-белый, с легкими цветными оттенками.

*Блеск.* Стеклообразный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 4,5.

*Плотность.* 2,44 — 2,50.

*Излом.* Неровный.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Столбчатые и пирамидальные кристаллы и двойники, для которых характерно крестообразное сечение.

*Класс симметрии.* Моноклинно-сфеноидальный — 2.

*Отношение осей.* 0,695 : 1 : 0,614;  $\rho=124^{\circ}50'$ .

*Спайность.* Хорошая по (010).

*Агрегаты.* Нередки друзы.

*П. тр.* Плавится с трудом, белеет и крошится.

*Поведение в кислотах.* Разлагается в HCl.

*Сопутствующие минералы.* Галенит, сфалерит, кальцит.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение и типы месторождений.* Происхождение гидротермальное, встречается в рудных жилах и образует друзы в пустотах эффузивных пород.

*Месторождения.* Конгсберг (Норвегия) ; Оберштейн-на-Наэ, Санкт-Андреасберг (Гарц) (ФРГ); Усти (ЧССР); окрестности Строншиана (Шотландия).

## 52. ГАРНИЕРИТ .



Назван в честь французского минералога Гарнье. Синоним: нумеит (по названию местности на о. Новая Каледония)

*Химический состав.* Изменчивый. Приблизительный состав: окись никеля (NiO) 30—38%, кремнезем (SiO<sub>2</sub>) 44,1%, вода (H<sub>2</sub>O) 12,9—17%; фактически представляет собой никелевый серпентин.

*Цвет.* Изумрудно-зеленый, яблочко-зеленый, зеленый, сине-зеленый.

*Блеск.* Жирный.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Светло-зеленая. *Твердость.* 2—4.

*Плотность.* 2,2—2,7. *Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллических выделений.* Микроволокнистые, микролистоватые, плотные массы. *Класс симметрии.* Вероятно, призматический — 2/m.

*Отношение осей.* ~0,61 : 1 : ~0,9;  $\rho\sim 91^{\circ}$ .

*Агрегаты.* Натечные гроздьевидные, почковидные формы, корочки, плотные агрегаты.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Разлагается в теплой концентрированной соляной кислоте. Реакция на никель: нейтрализовать аммиаком, после добавки диметилглиоксима появляется характерное розовое окрашивание.

*Сопутствующие минералы.* Никелевые хлориты (шухар-дит), вермикулит, овал, халцедон, кварц, серпентин (хризотил, антигорит), лимонит и др.

*Сходные минералы.* Пимелит (никельсапонит), бирюза.

*Практическое значение.* Важная никелевая руда.

*Происхождение и типы месторождений.* Образуется в процессе химической переработки никельсодержащих перидотитов, серпентинитов и аналогичных пород. *Районы распространения и месторождения.* Новая Каледония; Урал (СССР); в ГДР близ Хоэнштейн-Эрнст-таля; другие месторождения в различных районах мира.

### 53. ГАУСМАНИТ

$MnMn_2O_4$ , или  $Mn_3O_4$

Назван в честь минералога Гаусманья

*Химический состав.* Окись марганца ( $MnO$ ) 62,0%, двуокись марганца ( $MnO_2$ ) 38%, ( $Mn$  72%); важная руда  $Mn$ .

*Цвет.* Железно-черный с бурым оттенком.

*Блеск.* Алмазный, полуметаллический.

*Прозрачность.* Непрозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Буровато-красная. *Твердость.* 5,5, хрупкий. *Плотность.* 4,7—4,9.

*Излом.* Неровный.

*Сингония.* Тетрагональная.

*Форма кристаллов.* Псевдооктаэдрические.

*Кристаллическая структура.* Слегка деформированная шпинелевая решетка, поэтому минерал не кубический, как шпинель, а тетрагональный.

*Класс симметрии.* Дитетрагонально-бипирамидальный — 4/mmm.

*Отношение осей, c/a* = 1,639.

*Спайность.* Параллельная оси  $c$  (001).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые. *П. тр.* Не ллавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в  $HCl$ .

*Сопутствующие минералы.* Пирролизит, псиломелан, браунит, барит, доломит.

*Сходные минералы.* Магнетит, браунит, псиломелан, пирролизит.

*Практическое значение.* Руда марганца.

*Происхождение и типы месторождений.* Контактново-метасоматическое, контакново-пневматолитовое, гидротермальное. (Парагенезис: тефроит ( $Mn_2SiO_4$ ), мангаиозит ( $MnO$ ), родохрозит ( $MnCO_3$ ), марганецсодержащие гранаты и другие минералы.) Месторождения: Урал, Центральный Казахстан (СССР); Нордмарк, Лонгбан (Швеция); жильные месторождения близ Ильфельда (Южный Гарц), Эльгерсбург и Ореншток в Тюринген-ском Лесу (ГДР).

### 54. ГАЮИИТ

$Na_6Ca[AlSiO_4]_6[SO_4]$

Назван в честь французского минералога Р. Гаюи (1743—1822)

Фельдшпатоид

*Химический состав.* Окись натрия ( $Na_2O$ ) около 15%, окись кальция ( $CaO$ ) 10%, окись алюминия ( $Al_2O_3$ ) 28%, кремнезем ( $SiO_2$ ) 33%, окись четырехвалентной серы 12%, окись калия ( $K_2O$ ) 2%, вода ( $H_2O$ ) 1% (ср. с содалитом и нозеаном).

*Цвет.* Синий, зеленовато-желтый, реже красный или желтый.

*Блеск.* Стекланный, жирный, на плоскостях спайности — перламутровый.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5,5.

*Плотность.* 2,4—2,5.

*Излом.* Раковистый. *Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Ромбододекаэдры, октаэдры (кристаллы редки).

*Класс симметрии.* Гексатетраэдрический — 43.

*Спайность.* Хорошая по (100).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые.

*П. тр.* Плавится с растрескиванием и образует зелено-вато-синее стекло.

*Поведение в кислотах.* Растворяется.

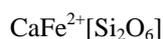
*Сопутствующие минералы.* Санидин, нефелин, авгит, везувиан и др.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Породообразующий минерал изверженных пород, бедных кремнеземом.

*Месторождения.* Обнаружен в лавах Монте-Соммы (Везувий, Италия); в вулканических выбросах близ Лаа-херского озера и в зернистых лавах в Нидермендиге близ Эйфеля (ФРГ); Рудные горы в районе Нейдорфа, округ Карл-Маркс-Штадт (в гаюиновых базальтах) (ГДР); южное Прибайкалье (СССР) и другие места.

## 55. ГЕДЕНБЕРГИТ



Назван в честь шведского химика Геденберга

Минерал группы пироксенов

*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 22,2%, закись железа (FeO) 29,4%, кремнезем (SiO<sub>2</sub>) 43,4%.

*Цвет.* Оливково-зеленый, темно-зеленый, луково-зеленый.

*Блеск.* Стеклообразный.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Светло-зеленая, светло-серая.

*Твердость.* 5,5—6.

*Плотность.* 3,5—3,6.

*Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллов.* Шестоватые, радиально-лучистые.

*Кристаллическая структура.* Простые ионные цепочки.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 1,092 : 1 : 0,583;  $\rho = 104^\circ 20'$ .

*Спайность.* Хорошая по (110), по призме под углом 87°.

*Агрегаты.* Зернистые.

*П. тр.* Сплавляется в черное магнитное стекло.

*Поведение в кислотах.* Разлагается с трудом.

*Сопутствующие минералы.* Магнетит, халькопирит, пирротин, гранат и др.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение и месторождения.* Образуется в процессе контактового метасоматоза (в известково-силикатных породах и скарнах). Шварценберг, в Рудных горах (ГДР); Казахстан и др. (СССР).

## 56. ГЕЙЛАНДИТ



Синонимы: стильбит [В настоящее время термин «стильбит» не используют в качестве синонима термина «гейландит». — *Прим. перев.*], листоватый цеолит Минерал группы цеолитов

*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 9,2%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 16,8%, вода (H<sub>2</sub>O) 14,8%.

*Цвет.* Бесцветный, белый, желтый, кирпично-красный.

*Блеск.* Перламутровый.

*Прозрачность.* Прозрачный, мутно-просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 3,5—4, хрупкий.

*Плотность.* 2,18—2,22.

*Сингония.* Моноклиная.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые, пластинчатые.

*Кристаллическая структура.* Слоистая решетка.

*Отношение осей.* 0,993 : 1 : 0,418;  $\rho = 116^\circ 20'$ .

*Спайность.* Хорошая параллельно оси *c* (010). *П. тр.* Расслаивается, плавится, образуя белую эмаль.

*Поведение в кислотах.* Легко разлагается в HCl.

*Сопутствующие минералы.* Цеолиты: десмин, шабазит; кальцит, кварц и др.

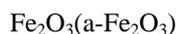
*Сходные материалы.* Полевые шпаты, десмин.

*Практическое значение.* Фильтрующий материал в химической промышленности (при ионообменных реакциях).

*Происхождение.* Гидротермальное, в пустотах базальтовых лав, в жилах с рудами серебра.



## 57. ГЕМАТИТ



Греч, «гэмагос» — кровь (минерал якобы останавливает кровь) Синонимы: железный блеск, спеку-лярит, железная слюдка, красный железняк

*Химический состав.* Железо (Fe) 70%, кислород (O) 30%; в титаногематите присутствует примесь титана; в несущественных количествах в химический состав может входить также вода (гидрогематит).

*Цвет.* Грубокристаллические разности железно-черные до стально-серых, а плотные разности (красная стеклянная голова) стально-серые до ярко-красных.

*Блеск.* Металлический, полуметаллический, реже тусклый, землистый.

*Прозрачность.* В тонких пластинках просвечивает темно-красным.

*Черта.* Вишнево-красная, буро-красная. *Твердость.* 6,5.

*Плотность.* 4,9—5,3.

*Излом.* Расслаивается на чешуйки.

*Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Часто пластинчатые, ромбоэдрические и таблитчатые кристаллы.

*Кристаллографическая структура.* Аналогична структуре корунда.

*Класс симметрии.* Дитригонально-скаленоэдрический.

*Отношение осей, c/a = 1,366.*

*Спайность.* Отсутствует.

*Агрегаты.* Листоватые, зернистые, чешуйчатые, плотные, скрытокристаллические, натечные, почковидные (красная стеклянная голова), землистые (гидрогематит), оолитовые (икряной камень, гороховая руда — железные оолиты). *П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Медленно разлагается в HCl.

*Сопутствующие минералы.* Кварц, пирит, магнетит, мартит, карбонаты, хлорит.

*Сходные минералы.* Ильменит, магнетит, хромиты, франклинит, киноварь.

*Практическое значение.* Гематитовые руды являются важнейшими рудами железа, мировые запасы которых исчисляются миллиардами тонн.

*Происхождение.* Разновидности гематита образуются в различных условиях: 1) пневматолитовым путем — чешуйчатый железный блеск, часто встречающийся в оловорудных месторождениях; 2) как продукт вулканических возгонов в кратерах вулканов и в лавах — в виде таблитчатых выделений; 3) пневматолитово-гидротермальным или контактово-метасоматическим путем — в виде друз или плотных масс; 4) гидротермальным путем — в виде друз; 5) при морских извержениях — в виде плотных сплошных масс красного железняка; 6) региональный метаморфизм приводит к образованию гематитовых кварцитов, магнетит-гематитовых кварцитов, гематитовых сланцев.

*Месторождения.* Зльбингероде, Браунезумпф и другие месторождения в Гарце, Шлейз и другие месторождения в Тюрингенском Лесу, многочисленные месторождения Рудных гор, землистые руды, сложенные красным железняком (комплексные руды), содержащие также минералы никеля и хрома возле Хоэнштейн-Эрнсттала, Вальдгейма, Бёригена, и другие месторождения в саксонских Гранулитовых горах (ГДР). Всемирно известные месторождения о. Эльба; гематит-магнетитовые руды Кривого Рога, Курской магнитной аномалии и др. (СССР); оз. Верхнее (США, Канада); гематитовые сланцы (итабириты) в шт. Минас-Жерайс (Бразилия); крупные месторождения, расположенные в различных районах Африки, и другие месторождения различных районов мира.

## 58. ГЕРСДОРФИТ

NiAsS

Назван по фамилии Герсдорф Синоним: никелевый блеск

*Химический состав.* Никель (Ni) 26—40%, мышьяк (As) 37—56%, сера (S) 6—19%.

*Цвет.* Серебряно-белый, стально-серый, быстро покрывается темно-серой пленкой побежалости.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Темно-серая.

*Твердость.* 5.

*Плотность.* 5,6—6,2.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Октаэдры или кубы.

*Кристаллическая структура.* Аналогична структуре пирита.

*Класс симметрии.* Дидодекаэдрический — m3.

*Спайность.* Совершенная по кубу (100).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые.

*П. тр.* Плавится на угле в магнитный шарик.

*Поведение в кислотах.* В  $\text{HNO}_3$  растворяется с выпадением серы и  $\text{As}_2\text{O}_3$ . Раствор окрашивается никелем в зеленый цвет.

*Сопутствующие минералы.* Никелин, халькопирит, сидерит, кальцит и др.

*Сходные минералы.* Ульманит.

*Практическое значение.* Иногда используется в качестве руды Ni.

*Происхождение и месторождения.* В гидротермальных месторождениях серебряно-кобальтово-никелевых руд и в сидеритовых жилах. Швенда, Харцгероде, Танне (Гарц), Лобенштейн (Тюрингия), Эльсниц, Кульм (ГДР); Зигерланд и др. (ФРГ). Герсдорфит — редкий минерал.

## 59. ГЁТИТ

### **a-FeOОН**

Назван в честь И. В. Гёте (1749—1832)

Синоним: игольчатая железная руда (ср. с лимонитом)

*Химический состав.* Окись железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 89,9%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 10,1%.

*Цвет.* Черно-бурый, светло-желтый. ;

*Блеск.* Алмазный, бархатный (бархатная обманка).

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Бурая, желто-бурая.

*Твердость.* 5—5,5.

*Плотность.* 4—4,4. *Излом.* Шероховатый.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Призматическая, игольчатая.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *ттт*.

*Отношение осей.* 0,464 : 1 : 0,303.

*Спайность.* Хорошая, по (010).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые, лучистые, волокнистые.

*П. тр.* Плавится, в закрытой стеклянной трубочке при нагревании теряет кристаллизационную воду.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в  $\text{HCl}$ .

*Сопутствующие минералы.* Лимонит, гематит, пирит, сидерит, галенит, кварц, агат, кальцит и др.

*Сходные минералы.* Манганит, лимонит, гематит.

*Практическое значение.* Железная руда.

*Происхождение и месторождения.* Особенно широко развит в зоне окисления сульфидных месторождений, может иметь гидротермальное происхождение.

## ГИДРОСЛЮДЫ

В ряде слюдястых и хлоритовых минералов место некоторых катионов занимают молекулы воды ( $\text{H}_2\text{O}$ ), которые легко улетучиваются при нагревании. Важнейшими представителями этих минералов являются следующие:

*Гидромусковит*,  $\text{K}_{<1}\text{Al}_2[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}] [\text{OH}]_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  *Вермикулит*,  $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})_3[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}] [\text{OH}]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$   
*Глауконит*,  $\text{K}_{<1}(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al}, \text{Mg})_{2-3}[\text{Si}_3(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_{10}] [\text{OH}]_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

*Селадонит*,  $(\text{K}, \text{Ca}, \text{Na})_{<1}(\text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_a [(\text{OH})_2\text{Al}_{0,11}\text{Si}_{3,89}\text{O}_{10}]$

## 60. ГИДРОМУСКОВИТ

$\text{K}_{<1}\text{Al}_2[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Синонимы: иллит, монотермит

*Химический состав.* Окись калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 2—6%, глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 25—33%, кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ) 50—55%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 8—9%. *Цвет.* Белый.

*Блеск.* Стеклообразный (у иллита).

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 2.

*Плотность.* 2,4—2,6.

*Сингония.* Моноклинная, решетка слоистая.

*Класс симметрии.* Призматический —  $2/m$ .

*Форма кристаллических выделений.* Землистые, скорлуповатые массы.

*Отношение осей.* 0,577 : 1 : 2,230;  $\rho = 94^\circ 40'$ .

*Спайность.* Хорошая по (001).

*П. тр.* При нагревании выделяет воду, плавится с трудом.

*Поведение в кислотах.* Растворяется с трудом.

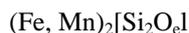
*Сопутствующие минералы.* Мусковит, каолинит и др.

*Сходные минералы.* Мусковит, каолинит, выцветший биотит и др.

*Практическое значение.* Важная составная часть керамических глин, важный почвообразующий минерал.

*Происхождение и типы месторождений.* Продукт выветривания слюдяных пород (мусковитсодержащих): глин, серицитовых и слюдяных сланцев и других пород аналогичного состава.

## 61. ГИПЕРСТЕН



Греч, «гипер» — через, «стенос» — сила; название дано из-за большой твердости минерала (см. также энстатит, бронзит)

Минерал группы пироксенов

*Химический состав.* Окись магния (MgO) 20%, закись железа (FeO) 18,5%, окись кальция (CaO) 4,5%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 1,5%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 3,2%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 51,0%.

*Цвет.* Черно-бурый, черный.

*Блеск.* Стеклянный, полуметаллический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Твердость.* 6.

*Плотность.* 3,4—3,5.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Столбчатые, таблитчатые.

*Кристаллическая структура.* Простые ионные цепи.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *ттт*.

*Отношение осей.* 2,054 : 1 : 0,587.

*Спайность.* Хорошая по призме. Плоскости спайности исштрихованы по (НО).

*Агрегаты.* Большой частью плотные, зернистые, листоватые.

*П. тр.* Плавится в зеленовато-черное стекло.

*Поведение в кислотах.* Частично разлагается в HCl.

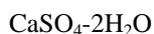
*Сопутствующие - минералы.* Оливин, энстатит, бронзит, Лабрадор, амфибол, кордиерит, пирротин и др.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Гиперстен является породообразующим минералом габбро, норитов, пироксенитов (гиперстени-тов), андезитов, кордиеритовых гнейсов и других пород.

*Местонахождения.* Юго-западное Прибайкалье (СССР), побережье п-ова Лабрадор (Канада); Боденмайс (ФРГ) и др.

## 62. ГИПС



Разновидности: *алебастр* — камень ;из Алабастра (город в Египте); *марьино стекло* (шпатовый гипс); *волокнистый гипс* (селенит); *сатиновый*, или *волокнистый*, *шпат*, *змеевидный алебастр*

*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 32,6%, трехокись серы (SO<sub>3</sub>) 46,5%, вода (H<sub>2</sub>O) 20,9%.

*Цвет.* Белый, красноватый, монокристаллы часто бесцветные, прозрачные, водяно-прозрачные (марьино стекло).

*Блеск.* Стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый, шелковистый (у волокнистых разновидностей гипса).

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 2.

*Плотность.* 2,2—2,4.

*Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые, призматические, столбчатые, игольчатые; часты двойники прорастания по одному из двух законов: 1) двойники ласточкин хвост, пользующиеся наибольшим распространением — двойникование по граням призмы; 2) монмартрские (парижские. — *Ред.*) двойники — ребра призм расположены параллельно двойниковому шву.

*Кристаллическая структура.* Слоистая.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,374 : 1 : 0,414;  $\rho=113^\circ 15'$ .

*Спайность.* Совершенная, параллельная боковым граням (010); излом на гранях призмы тонко занозистый, а на базальных гранях — отчетливый раковистый.

*Агрегаты.* Плотные, зернистые (алебастр), волокнистые, чешуйчатые, землистые, конкреции.

*П. тр.* Разлагается с потерей кристаллизационной воды и плавится в белую эмаль. В закрытой трубке теряет кристаллизационную воду, превращаясь в сульфат кальция («намертво обожженный гипс»).

*Поведение в кислотах.* Слабо растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Ангидрит, пирит, известковый шпат, арагонит, малахит, кварц и др.

*Сходные минералы.* Ангидрит, тальк, каолинит, мусковит, флогопит.

*Практическое значение.* Применяется как модельный и формовочный материал в качестве добавки к портуландцементу; алебастр служит для изготовления скульптур. Гипс является также важным сырьем для изготовления серной кислоты.

*Происхождение и типы месторождений.* Гипс вместе с ангидритом и каменной солью образуется путем химического осаждения при испарении в замкнутых морских бассейнах. Значительные массы гипса образуются при гидратации ангидрита:  $\text{CaSO}_4$  (ангидрит) +  $2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (гипс). Процесс гидратации происходит за счет остаточной воды, сохранившейся при испарении бассейнов, или за счет просачивающихся атмосферных вод. В пустотах пород часто встречаются друзы гипса, в рыхлых осадочных породах (глина, глинистый мергель) кристаллизуются идиоморфные кристаллы гипса. В ангидритовых и гипсовых отложениях подобные кристаллы (возникают позже, при перекристаллизации (марьино стекло); в трещинах пород осаждается тонковолокнистый гипс).

*Месторождения.* Южные отроги Гарца: Нидерсаксвер-фен, Кифхейзер, в кровле соляных месторождений Штасфурта, Магдебурга — Хальберштадта, Шпрембер-га, Рюдерсдорфа и др., в выполненных солями полостях в медистых сланцах Мансфельда — Эйслебена, в глинах близ Кведлинбурга, в глинисто-мергелистых осадках близ Арнштадта, Эрфурта, Готы, в цехштейне близ Заальфельда, р. Геры и др. (ГДР). Осадочные гипсовые месторождения распространены повсеместно.

### 63. ГЛАУКОНИТ



Греч, «глаукос» — синеватый. Синоним: зеленая земля

*Химический состав.* Очень изменчивый. Окись калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 4,4—9,4%, окись натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 0—3,5%, окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 5,5—22,6%, окись железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 6,1—27,9%, закись железа ( $\text{FeO}$ ) 0,8—8,6%, окись магния ( $\text{MgO}$ ) 2,4—4,5%, двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 47,6—52,9%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 4,9—13,5%.

*Цвет.* Темный оливково-зеленый, синевато-зеленый, черно-зеленый, травяно-зеленый, желто-зеленый.

*Блеск.* Матовый.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Зеленоватая. *Твердость.* 2—3, хрупкий.

*Плотность.* 2,2—2,8.

*Излом.* Зернистый.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Очень редко мелкие кристаллы.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,578 : 1 : 2,208;  $\rho = 95^\circ 00'$ .

*Спайность.* Хорошая по (010).

*Агрегаты.* Листочки, мелкие сферолиты.

*П. тр.* Плавится с трудом с образованием черного стекла.

*Поведение в кислотах.* Разлагается в  $\text{HCl}$ .

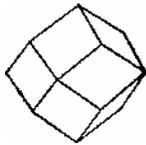
*Сопутствующие минералы.* Фосфаты (фосфорит), кальцит.

*Сходные минералы.* Тюрингит, шамозит.

*Практическое значение.* Применяется в качестве калийного удобрения и как фильтрующий материал.

*Происхождение.* Химический осадок в прибрежной зоне морей и океанов; распространен в песчаниках, мергелях, песках, фосфоритах.

*Месторождения.* Украина, восточный склон Урала (СССР); широко распространен в мезозойских осадочных породах ГДР и в других районах.



## 64. ГРАНАТА ГРУППА

Группа минералов, к которой относятся следующие минералы: *пироп* (греч. «пиропос» — пламенеподобный) — розово-красный магниево-алюминиевый гранат; *альмандин* (по населенному пункту Алабанда в Малой Азии) — железо-алюминиевый гранат; *спессартин* (по местности Спессарт) — марганцо-во-алюминиевый гранат; *гроссуляр* (лат. «grassularia» — крыжовник) — кальциево-алюминиевый гранат; *андрадит* (в честь португальского минералога д'Андрада) — кальциево-железистый гранат; *уваровит* (по фамилии Уваров) — кальциево-хромовый гранат; *гессонит* — железосодержащий гроссуляр; *демантоид* — прозрачный зелено-зеленый андрадит; *аплом* — разновидность андрадита.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, %								
Минералы	MgO	FeO	MnO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>s</sub>	CrO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
Пироп, Mg <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub>	29,8	—	—	—	25,4	—	—	44,8
Альмандин, Fe <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub>	—	43,3	—	—	20,5	—	—	36,2
Спессартин, Mn <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub>	—	—	43,0	—	20,6	—	—	36,4
Гроссуляр, Ca <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub>	—	—	—	37,3	22,7	—	—	40,0
Андрадит, Ca <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub>	—	—	—	33,0	—	31,5	—	36,5
Уваровит, Ca <sub>2</sub> Cr <sub>3</sub> [SiO <sub>4</sub> ] <sub>3</sub>	—	—	—	33,5	—	—	30,6	35,9

MgO — окись магния  
 FeO — закись железа  
 MnO — окись марганца  
 CaO — окись кальция  
 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — окись алюминия  
 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — окись железа  
 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — окись хрома  
 SiO<sub>2</sub> — двуокись кремния

*Цвет.* Пироп — розово-красный, темно-красный; альмандин — красный, буро-красный, черный; спессартин — темно-красный, оранжево-желтый, коричнево-красный; гроссуляр — медово-желтый, блекло-зеленый, бурый, красный; андрадит — желтый, зеленоватый, буро-красный, черный; уваровит — изумрудно-зеленый; демантоид — оливково-зеленый.

*Блеск.* Жирный, стеклянный, изредка алмазный (у демантоида).

*Прозрачность.* Непрозрачные, просвечивающие. *Черта.* Белая. *Твердость.* 6,5—7,5.

*Плотность.* Пироп — 3,51; альмандин — 4,25; спессартин — 4,18; гроссуляр — 3,53; андрадит — 3,75; уваровит — 3,52.

*Излом.* Раковистый, занозистый, шероховатый.

*Сингония.* Кубическая (фото 29, e).

*Форма кристаллов.* Ромбододекаэдры, иногда в сочетании с икоситетраэдром (тетрагон-триоктаэдром) и другими более редкими формами.

*Кристаллическая структура.* Сложная.

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический — m3m.

*Спайность.* Плохая.

*Агрегаты.* Плотные, зернистые.

*П. тр.* Более или менее легко плавятся (за исключением уваровита).

*Поведение в кислотах.* В соляной кислоте «е растворяются или растворяются с трудом.

*Сопутствующие минералы.* Пироп: оливин, серпентин, пироксен и др.; альмандин: мусковит, биотит, кварц,

ортоклаз, олигоклаз; спессартин: слюда, полевые шпаты, кварц и др.; гроссуляр: везувиан, диопсид, кальцит и др.; андрадит: везувиан, пироксен, амфибол, магнетит, пирротин, халькопирит и др.; уваровит: хромит, серпентин, кальцит, доломит и др.

*Сходные минералы.* Везувиан, рубин, циркон, сфалерит (цинковая обманка).

*Практическое значение.* Пироп и другие гранаты с красивой окраской применяются в ювелирном деле (богемские гранаты). Большое значение гранаты имеют в производстве абразивов (гранатовая бумага), используемых при полировке древесины твердых пород, и для других целей.

*Происхождение и типы месторождений.* Гранаты образуются в различных генетических обстановках:

1. Региональный метаморфизм. Альмандин встречается в глинистых сланцах, гнейсах, гранулитах, эклогитах, гранатитах и других породах, пироп—в кимберлитах, гриквитах и серпентинитах. Пироп и альмандин образуются при высоких давлениях.

2. Контактный метаморфизм. Альмандин встречается в кордиерит-роговообманковых породах; спессартин, гроссуляр, андрадит — в известково-силикатных породах, скарнах и аналогичных им породах; уваровит так же образуется при контактовом метаморфизме вблизи хромитовых месторождений.

*Месторождения.* Гранатовые породы в серпентинитах Грейсфендорфа близ Вальдгейма, пироповые серпентиниты близ Росвейна, Бёригена, Вальдгейма, ксенолиты в гранит-порфирах Бойха близ Лейпцига, слюдяные сланцы западных Рудных гор: Обервизенталь (район Фихтельберга), Кроттендорф, Нейдорф и др., скарны (андрадит, аблом) близ Брейтенбрунна и другие месторождения (ГДР). Многие магнетитовые месторождения (скарны) Урала, Забайкалья (СССР); богемские гранаты в ЧССР и другие месторождения.

## 65. ГРАФИТ

### С

Греч, «графо» — пишу

*Химический состав.* Углерод (С), тонкочешуйчатый, кристаллический, нередко загрязненный (ср. с алмазом).

*Цвет.* Железно-черный, темный стально-серый.

*Блеск.* Металлический или матовый.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная, блестящая.

*Твердость.* 1—2.

*Плотность.* 2,1—2,3.

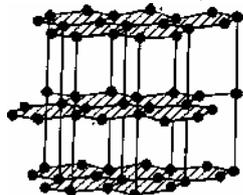
*Излом.* Минерал гибкий.

*Сингония.* Гексагональная.

*Форма кристаллических выделений.* Листоватые, чешуйчатые, радиально-лучистые, землистые.  
*Кристаллическая структура.* Ионы углерода сгруппированы в слои, состоящие из плоских гексагональных сеток (см. изображение слоистой решетки в табл. 1) в противоположность структуре алмаза, похожей на гранцентрированный куб.

*Класс симметрии.* Дигексагонально-бипирамидальный — 6/mmm.

*Отношение осей, c/a = 2,727.*



*Спайность.* Весьма совершенная по базису (0001); обуславливает хорошие смазочные свойства (графитовые смазки).

*Агрегаты.* Плотные, тонкочешуйчатые до листоватых. *П. тр.* Не плавится (сгорает при 3500 °С).

*Поведение в кислотах.* Не растворяется. *Сопутствующие минералы.* Пирит, гранат, шпинель.

*Сходные минералы.* Молибденит,

*Практическое значение.* Используется для изготовления графитовых тиглей, электродов, в качестве смазочного материала «аходит применение в ядерных реакторах, используется в карандашном производстве и для других целей.

*Происхождение и типы месторождений.* Графит образуется в ходе восстановительных процессов, протекающих при высоких температурах. Исходным продуктом часто служат окружающие углеродсодержащие породы (например, известняки), а также каменные угли и битуминозные осадочные породы на контакте с магматическими породами. При этом скопления графита образуются в результате контактового метасоматоза. Такие месторождения известны на о. Шри Ланка, в шт. Соно-ра (Мексика), в Онтарио и Квебеке (Канада), в шт.

Нью-Йорк (США).

*Месторождения.* К крупнейшим графитовым месторождениям относятся Тункинские Гольцы в Сибири, а также месторождения Украины и северного побережья Азовского моря (СССР); месторождения в Фихтельге-бирге близ Пфаффенройта, Кропфмюле близ Пассау (ФРГ) и др.

## 66. ДАТОЛИТ



*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 35%, Окись бора ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) 21,8%, двуокись-кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 37,6%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 5,6%.

*Цвет.* Белый, бледно-зеленый, желтый, красный, фиолетовый, оливково-зеленый.

*Блеск.* Стеклообразный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая, светло-серая.

*Твердость.* 5—5,5.

*Плотность.* 2,9—3,0.

*Сингония.* Моноклинная: кристаллы характеризуются обилием граней.

*Класс симметрии.* -Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 1,264 : 1 : 0,632;  $\rho=90^\circ 09'$ .

*Агрегаты.* Зернистые. *Спайность.* Отсутствует; излом раковистый.

*П. тр.* Легко сплавляется в прозрачное стекло.

*Поведение в кислотах.* Разлагается в HCl.

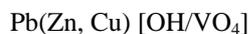
*Сопутствующие минералы.* Кальцит, пренит, цеолиты. *Сходные минералы.* Цеолиты, данбурит, колеманит и др.

*Практическое значение.* Важная руда бора.

*Происхождение.* Встречается в рудных жилах и пустотах миндалекаменных лав.

*Месторождения.* Северный Урал, район Тетюхе (СССР); близ Кивино в шт. Мичиган (США); Арендаль (Норвегия) и в других местах.

## 67. ДЕКЛУАЗИТ



Назван по фамилии Деклуазо, который впервые обнаружил этот минерал в горах Сьерра-де-Кордова (Аргентина)

*Химический состав.* Окись свинца (PbO) 56,48%, окись цинка (ZnO) 16,60%, пятиокись ванадия ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) 22,74%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 2,34%; примеси: медь, железо, мышьяк.

*Цвет.* Бурый, буровато-зеленый, буровато-черный.

*Блеск.* Алмазный, жирный.

*Прозрачность.* Матово просвечивающий (почти непрозрачный).

*Черта.* Оранжево-желтая, буро-желтая, светло-бурая, светло-зеленая. *Твердость.* 3,5. *Плотность.* 5,5—6,2.

*Сингония.* Ромбическая.

*Класс симметрии.* Ромбо-тетраэдрический — 222.

*Форма кристаллических выделений.* Гроздьевидная, радиально-лучистая. *Отношение осей.* 0,644 : 1 : 0,805.

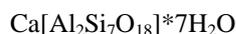
*Спайность.* Отсутствует; излом раковистый. *Сопутствующие минералы.* Кварц, лимонит, пироморфит, ванадинит.

*Практическое значение.* Важная ванадиевая руда.

*Происхождение.* Минерал химического выветривания в зонах окисления оцинцово-медно-цинковых месторождений.

*Месторождения.* Абенаб, Гротфонтейн, Цумеб, Гухаб в районе Отави (Намибия) и др.

## 68. ДЕСМИН



Греч, «десме» —связка Синоним: стильбит Минерал группы цеолитов



*Химический состав.* Изменчивый; приблизительный состав: окись кальция (CaO) 7—9%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 16—18%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 55—61%, вода (H<sub>2</sub>O) 16,5—19%.

*Цвет.* Бесцветный, белый, серый, желтый.

*Блеск.* Перламутровый, стеклянный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 3,5—4.

*Плотность.* 2,1—2,2. *Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Сноповидные сростки.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,750 : 1 : 0,622;  $\rho = 129^\circ 10'$ .

*Спайность.* Совершенная по (010).

*Агрегаты.* Шестоватые, лучистые, листоватые, сноповидные, сферолитовые.

*П. тр.* Сплавляется в белую эмаль.

*Поведение в кислотах.* Разлагается в HCl.

*Сопутствующие минералы.* Гейландит, шабазит, кальцит, дымчатый кварц, адуляр, хлорит, эпидот, флюорит, пирит, магнетит и др.

*Сходные минералы.* Пренит.

*Практическое значение.* Не имеет.

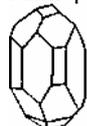
*Происхождение.* Образуется при гидротермальных процессах в пустотах базальтов, в трещинах кристаллических сланцев, в свинцово-серебряных рудных жилах, в залежах пирита и магнетита, в виде друз в гранитах. *Месторождения.* Крым, Сибирь (СССР); Сен-Готард (Швейцария); Конгсберг (Швеция); горы Бёржень (Венгрия); долина Фасса в Тироле; Веруфьордур (Исландия); Санкт-Андреасберг в Гарце (ФРГ) и др.

## 69. ДИОПСИД



Греч, «дис» — дважды, «опис» — появление

Минерал группы пироксенов



*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 25,9%, окись магния (MgO) 18,5%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 55,6%. В виде примесей присутствуют окисные соединения железа, марганца, алюминия, хрома, ванадия, титана (до нескольких процентов).

*Цвет.* Бесцветный, светло-зеленый, желтый, буро-черный.

*Блеск.* Стеклянный, жирный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5—6 (до 7), хрупкий.

*Плотность.* 3,3—3,38.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Столбчатые, игольчатые, сростки кристаллы с многочисленными гранями.

*Кристаллическая структура.* Простые цепочки анионов.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 1,092 : 1 : 0,582;  $\rho = 105^\circ 5'$ .

*Спайность.* Средняя по призме (001), (HO).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые, шестоватые.

*П. тр.* Плавится с трудом.

*Поведение в кислотах.* Почти не разлагается.

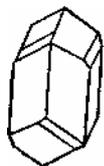
*Сопутствующие минералы.* Волластонит, гроссуляр, ан-драдит, магнетит, пирротин, халькопирит и др.

*Сходные минералы.* Авгит, гранат, гроссуляр, клино-хлор.

*Практическое значение.* Не имеет; иногда используется как драгоценный камень.

*Происхождение.* Встречается в магматических породах: пироксеитах, перидотитах, габбро, базальтах, андезитах, трахтитах; распространен повсеместно. Возникает при контактово-метасоматических процессах в изжест-ково-силикатных роговиках и скарнах в различных минеральных парагенезисах с рудами.

*Местонахождения.* Шварценберг в Рудных горах (ГДР); магнетитовые залежи на Урале, в Средней Азии, в Сибири (СССР); Карпаты (Трансильванские Альпы) (Румыния); Айро-н-Спрингс (США) и другие районы мира.



## 70. ДИОПТАЗ



Греч. «диоптево» — смотрю насквозь. *Синоним:* аширит

*Химический состав.* Окись меди (CuO) 50,5%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 38,1%, вода (H<sub>2</sub>O) 11,4%.

*Цвет.* Изумрудно-зеленый.

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Голубовато-зеленая, зеленая.

*Твердость.* 5, хрупкий.

*Плотность.* 3,3.

*Излом.* Раковистый до неровного.

*Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Ромбоэдры, мелкие призмы (фото 20).

*Кристаллическая структура.* Анионные комплексы, состоящие из шестичленных колец с формулой [Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>]<sup>12-</sup> и молекулами воды в каналах этих колец.

*Класс симметрии.* Ромбоэдрический.

*Отношение осей, c/a* = 0,534.

*Спайность.* Совершенная по ромбоэдру (1010).

*Агрегаты.* большей частью отдельные кристаллы.

*П. тр.* Не плавится, с содой дает королек меди.

*Поведение в кислотах.* Разлагается в HCl и HNO<sub>3</sub> с выделением геля кремнезема.

*Сопутствующие минералы.* Хризоколла, малахит, доломит, кальцит.

*Сходные минералы.* Изумруд, малахит, атакамит.

*Практическое значение.* Иногда используется как медная руда; изредка минерал применяется как драгоценный камень.

*Происхождение.* Редкий минерал в зонах окисления меднорудных месторождений.

*Местонахождения.* Гора Алтын-Тюбе в казахстанских степях в кальцитовых жилах (СССР); в доломите близ Гухаба, Отави (Намибия); Катанга; пустыня Атакама; Копиапо (Чили); Перу; шт. Аризона (США).

## 71. ДИСКРАЗИТ



Сурьмяно-серебряная руда с содержанием серебра до 74,4%.

Греч. «дискразис» — плохая смесь

*Цвет.* Серебряно-белый.

*Блеск.* Металлический блестящий.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Серая.

*Твердость.* 3,5.

*Плотность.* 9,44—9,85.

*Сингония.* Ромбическая, псевдогексагональная.

*Класс симметрии.* Ромбо-пирамидальный — mmm<sup>2</sup>.

*Форма кристаллических выделений.* Зернистые и листоватые агрегаты.

*Отношение осей.* 0,572 : 1 : 0,922. *Спайность.* Средняя по (011), (001).

*П. тр.* Сплавляется в королек металлического серебра.

*Поведение в кислотах.* Растворяется.

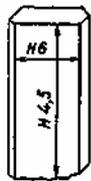
*Сопутствующие минералы.* Галенит, самородный мышьяк, пирарпирит, самородное серебро, смальтин, кальцит, барит.

*Сходные минералы.* Серебро, самородная сурьма, элек-трум.

*Практическое значение.* Важная серебряная руда, когда образует богатые скопления.

*Происхождение.* Гидротермальное в жильных серебряных месторождениях.

*Месторождения.* Санкт-Андреасберг в Гарце (ФРГ); Вольфах в Шварцвальде (ФРГ); Сент-Мари-о-Мин, Эльзас (Франция) и другие районы.



## 72. ДИСТЕН



Греч. «ди» — двойко, «стенос» — сопротивление (из-за различной твердости минерала по двум направлениям)

Синоним: кианит (греч. «кианос» — синий); ср. андалузит

*Химический состав.* Окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 63,1%, двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 36,9%; в качестве примесей присутствуют 1—2%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , до 1,8%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , в незначительных количествах  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{TiO}_2$ . *Цвет.* Небесно-голубой, синий, зеленый, желтый, реже бесцветный.

*Блеск.* Стекланный, перламутровый.

*Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6 в поперечном и 4,5 в продольном направлении удлиненно-призматических кристаллов; хрупкий. *Плотность.* 3,56—3,68.

*Излом.* Волокнистый.

*Сингония.* Триклинная.

*Форма кристаллических выделений.* Столбчатые, дощатые, кристаллы, волокнистые, лучистые, листоватые выделения (фото 5).

*Класс симметрии.* Пинакоидальный — 1.

*Отношение осей.* 0,917:1:0,720;  $\alpha = 90^\circ 05'$ ,  $\beta = 101^\circ 02'$ ,  $\gamma = 105^\circ 44'$ .

*Спайность.* Средняя по базису (перпендикулярно оси  $c$ )

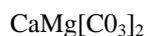
(100), (010), (001).

*Агрегаты.* Радиально-лучистые, зернистые. *П. тр.* Не плавится. *Поведение в кислотах.* Нерастворим. *Сопутствующие минералы.* Ставролит, андалузит, мусковит, парагонит, биотит, гранат, корунд, рутил, цоизит, графит, кварц.

*Сходные минералы.* Силлиманит, дюмортьерит. *Практическое значение.* В производстве огнеупорных изделий, для футеровки печей и др., иногда используется как драгоценный камень.

*Происхождение.* Типичный динамометаморфический минерал, весьма широко распространенный в докембрийских слюдяных сланцах; часто встречается вместе с алмандином и ставролитом. В ГДР распространен в слюдяных сланцах Рудных гор, а также в гранулитах саксонских Гранулитовых гор близ Митвейды, Росвей-на, Лимбаха и в других местах.

## 73. ДОЛОМИТ



Назван в честь минералога Доломье (1750—1801)

*Химический состав.* Двойная соль  $\text{CaCO}_3$ - $\text{MgCO}_3$ ; окись кальция ( $\text{CaO}$ ) 30,4%, окись магния ( $\text{MgO}$ ) 21,7%, дву-окись углерода ( $\text{CO}_2$ ) 47,9%; изоморфные примеси: железо, марганец (до нескольких процентов).

*Цвет.* Серовато-белый с желтоватым, буроватым, реже зеленоватым оттенком.

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Просвечивающий, прозрачный.

*Черта.* Белая, светло-серая.

*Твердость.* 3,5—4, хрупкий.

*Плотность.* 2,8—2,95.

*Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Ромбоэдрические; грани кристаллов часто искривлены.

*Кристаллическая структура.* Характеризуется тем, что ионы кальция (Ca) и магния (Mg) чередуются вдоль тройной оси (см. табл. 1).

*Класс симметрии.* Ромбоэдрический — 3.

*Спайность.* Совершенная по ромбоэдру (1011).

*Агрегаты.* Обычно зернистые, часто пористые, реже почковидные, ячеистые, шарообразные.

*П. тр.* Не плавится, а растрескивается.

*Поведение в кислотах.* В холодной HCl растворяется медленно, а в подогретой — быстрее (с сильным вскипанием) кальцит сильно вскипает уже в холодной HCl.

*Сопутствующие минералы.* Пирит, марказит, гематит, реальгар, тремолит и др.

*Сходные минералы.* Кальцит (известковый шпат), магнезит, шабазит.

*Практическое значение.* Применяется в строительном деле, в качестве огнеупора, наполнителя, в химической промышленности, в сельском хозяйстве.

*Происхождение.* Доломит наряду с кальцитом является широко распространенным породообразующим минералом. Доломиты, часто ассоциирующие с известняками, слагающими крупные массивы, имеют в основном осадочное происхождение. Кроме того, известны гидротермальные жилы доломитов (Тилькероде, Гарц).

*Месторождения.* Распространены повсеместно. В Центральной Европе доломиты известны в цехштейне. Доломитовые каменоломни имеются, например, в Вюншен-дорфе, в Кашвице близ Геры, доломитовые мраморы известны у (Кротендорфа, Хаммер-Унтервизентала, Обершейбе, Рашау, Хермсдорфа и в других районах Рудных гор.

#### 74. ДЮМОРТЬБЕРИТ



*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 0,68%, окись бора ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) 5,54%, глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 59,75%, окись железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 2,48%, окись титана ( $\text{TiO}_2$ ) 0,95%, двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 28,51%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 2,12%.

*Цвет.* Интенсивный синий, сине-серый с буроватым оттенком, редко красный.

*Блеск.* Шелковистый.

*Прозрачность.* Прозрачный.

*Черта.* Белая, светло-серая.

*Твердость.* 1.

*Плотность.* 3,3—3,4.

*Сингония.* Ромбическая.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *mmm*.

*Отношение осей.* 0,583 : 1 : 0,233.

*Агрегаты.* Волокнистые, лучистые.

*Спайность.* Совершенная.

*Сопутствующие минералы.* Дистен, кордиерит.

*Сходные минералы.* Дистен.

*Практическое значение.* Керамическое сырье.

*Происхождение.* В пегматитах, гнейсах, гранулитах.

*Местонахождения.* Урал, Ташкент (СССР); Хартманс-дорф близ Карл-Маркс-Штадта (ГДР) и др.

#### 75. ЖАДЕИТ



*Химический состав.* Изменчивый. Окись натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 10—15%, окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 17—26%, двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 55—59%; кроме того, закись железа (FeO) 0—5%, окись магния (MgO) 0,2—7%, окись кальция (CaO) 0,3—12%.

*Цвет.* Белый, зеленоватый, изумрудно-зеленый.

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6—6,5.

*Плотность.* 3,2—3,5.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллических выделений.* Плотные крипто-кристаллические массы.

*Кристаллическая структура.* Простые ионные цепочки.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m. *Отношение осей.* 1,103 : 1 : 0,609;  $\rho = 107^\circ 26'$ .

*Агрегаты.* Плотные, волокнистые, войлокоподобные; образуют линзы в гнейсах.

*П. тр.* Плавится в полупрозрачное стекло (нефрит не плавится).

*Поведение в кислотах.* Растворяется после сплавления.

*Сопутствующие минералы.* Породообразующие минералы гнейсов.

*Сходные минералы.* Нефрит (амфибол).

*Практическое значение.* Полудрагоценный камень, используется в ювелирном деле. В доисторическое время применялся для изготовления различных предметов «жадеитовой культуры».

*Происхождение и районы распространения.* Жадеит образуется при метаморфизме (огнейсовании) пород, богатых щелочами (натрием), особенно в ходе горообразовательных процессов. Известные районы распространения: Мексика, Южная Америка, Китай, Индия и др. Сравнительно редок.

## 76. ЖЕЛЕЗО (САМОРОДНОЕ)

a-Fe

Синоним: феррит

В минералогии по условиям нахождения различают теллурическое, или земное, железо (лат. «теллус», «теллурис» — земля) и метеоритное, или космическое, железо (греч. «метеор» — находящийся в воздухе). И метеоритное и теллурическое железо встречается редко

*Химический состав.* Теллурическое железо содержит примеси никеля (Ni) 0,6—2%, кобальта (Co) до 0,3%, меди (Cu) до 0,4%, платины (Pt) до 0,1%, углерода; в метеоритном железе никель составляет от 2 до 12%, кобальт — около 0,5%, имеются также примеси фосфора, серы, углерода.

*Цвет.* Стально-серый, на полированной поверхности белый.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачное.

*Черта.* Серо-черная.

*Твердость.* 4—5, ковкое.

*Плотность.* 7,3—7,87. -

*Излом.* Крючковатый. *Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллических выделений.* Плотные зерна с неправильными извилистыми очертаниями. *Кристаллическая структура.* Объемноцентрированная кубическая решетка (для низкотемпературной  $\alpha$ -модификации) [Высокотемпературная  $\gamma$ -модификация образует гранецентрированную кубическую решетку типа решетки самородной меди. — *Прим. перев.*]. Характеризуется сильными магнитными свойствами.

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический — m3m.

*П. тр.* Точка плавления (чистого железа) 1528°C.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в НМОз.

*Сопутствующие минералы.* Пирротин, оливин, бронзит, графит.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение и местонахождения.* Образуется сложным путем в основных (базальтовых) породах на стадии расплава. Известные местонахождения: западное побережье Гренландии; близ Касселя (ФРГ). Метеоритное железо встречается редко, но находки его известны во всех районах мира.

## 77. ЗОЛОТО

Au

*Химический состав.* Чистое золото встречается чрезвычайно редко. Большею частью золото содержит от 2 до 20% примесей серебра и (реже) палладия, родия, меди. *Цвет.* Светящийся золотисто-желтый до светло-желтого.

*Блеск.* Сильный, металлический.

*Прозрачность.* Минерал непрозрачный.

*Черта.* Золотисто-желтая до светло-желтой.

*Твердость.* 2,5.

*Плотность.* 15,5—19,3.

*Излом.* Зернистый.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллических выделений.* Плотные массы, листочки, блестки, волосовидные выделения, реже октаэдры, гексаэдры, додекаэдры.

*Кристаллическая структура.* Гранецентрированные кубы.

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический —  $\bar{6}3m$ .

*Спайность.* Отсутствует. *П. тр.* Плавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в царской водке, растворе цианистого калия или цианистого натрия. *Сопутствующие минералы.* Кварц, пирит, сфалерит, арсенопирит, самородный висмут, клаусталит, силъванит, кальцит, лимонит, родохрозит.

*Сходные минералы.* Пирит, халькопирит (медный колчедан), выветрелый биотит. Эти минералы часто называют «кошачьим золотом»; отличаются они тем, что не обладают ковкостью.

*Практическое значение.* Важнейший драгоценный металл.

*Происхождение и типы месторождений.* Различают два основных типа месторождений золота:

1. Первичные месторождения золота — рудное золото. В первую очередь это золотосодержащие кварцевые жилы; рудообразующие растворы, из которых они кристаллизовались, генетически связаны с гранитной магмой. Месторождения золота приурочены и к вулканическим породам («молодые» золоторудные жилы, а также зоны вкрапленных руд), иногда к вулканическим лавам или туфам.

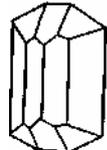
2. Вторичные месторождения золота — россыпное золото. Рыхлые отложения, образовавшиеся в процессе выветривания первичных золотосодержащих пород, механически и в меньшей степени химически обогащаются золотом и другими тяжелыми минералами. *Месторождения.* Месторождения золота распространены по всему миру. Почти со всеми речными системами, берущими начало в крупных горных массивах, связаны проявления золота. В ГДР и ФРГ месторождения золота весьма незначительны. Знаменитые месторождения рудного золота находятся на Урале, в Средней Азии, в Забайкалье, на Дальнем Востоке (СССР); в Индии; США; Канаде; Африке; Австралии; в Европе (Австрия, Румыния, ЧССР). Крупные россыпные месторождения золота известны в Сибири, на Урале и в Средней Азии (СССР). Многочисленные россыпи золота находятся в Северной Америке, Африке и Австралии. Одно из самых больших месторождений расположено в Трансваале (Южная Африка) с центром золотодобывающей промышленности Йоганнесбургом. Здесь разрабатываются золотоносные конгломераты.

## 78. ИЛЬВАИТ



(От латинского названия острова Эльба)

Синоним: лиеврит



*Химический состав.* Колеблющийся; окись кальция (CaO) 13,7%, закись железа (FeO) 35,2%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 19,6%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 29,3%, вода (H<sub>2</sub>O) 2,2%, окись марганца (MnO) до 9%.

*Цвет.* Черный, коричневатый.

*Блеск.* Стекланный (полуметаллический, жирный).

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Серовато- или буровато-черная.

*Твердость.* 5,5—6, хрупкий.

*Плотность.* 3,8—4,1. *Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Призмы; на гранях кристаллов вертикальная штриховка.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *mmm*.

*Отношение осей.* 1,506 : 1 : 2,235.

*Спайность.* Хорошая по (010), (001) и (100).

*Агрегаты.* Лучистые, столбчатые, зернистые, плотные.

*П. тр.* Сплавляется в черный сильно магнитный королек.

*Поведение в кислотах.* Легко растворяется в HCl.

*Сопутствующие минералы.* Пироксены, амфиболы, гранат (андрадит), магнетит, сфалерит, халькопирит. *Сходные минералы.* Турмалин (шерл), лучистый амфибол.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение и местонахождения.* Контактво-пнев-матолитовый или контактово-метасоматический в маг-нетитовых скарнах. Встречается на о. Эльба; на Полярном Урале; в магнетитовом месторождении Брейтен-брунн близ Шварценберга в Рудных горах (ГДР); в Херборн-Зельбахе в Гессене (ФРГ) и других местах.



## 79. ИЛЬМЕНИТ

$\text{FeTiO}_3$ , или  $\text{FeO-TiO}_2$

Назван по Ильменским горам (Южный Урал), где этот минерал был впервые найден. Синоним: титанистый железняк

*Химический состав.* Железо (Fe) 36,8%, титан (Ti) 31,6%, кислород 31,6%.

*Цвет.* Черный.

*Блеск.* Полуметаллический, жирный.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная, иногда красно-бурая.

*Твердость.* 6. *Плотность.* 4,5—5.

*Излом.* Скорлуповатое отслаивание.

*Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Толстотаблитчатые, пластинчатые.

*Кристаллическая структура.* Аналогична структуре корунда.

*Класс симметрии.* Ромбоэдрический — 3.

*Отношение осей, c/a = 2,764.*

*Спайность.* Отсутствует.

*Агрегаты.* Плотные, сплошные, зернистые массы.

*П. тр.* Не плавится, в восстановительном пламени приобретает магнитные свойства.

*Поведение в кислотах.* В порошке с трудом растворяется в концентрированной соляной кислоте с выпадением окиси титана.

*Сопутствующие минералы.* Гематит, магнетит, апатит.

*Сходные минералы.* Магнетит, гематит, хромит.

*Практическое значение.* Руда титана. Используется для получения легированного сплава с железом (ферротитан), а также в форме двуокиси титана — белой краски с высокой кроющей способностью.

*Происхождение и типы месторождений.* Важный акцессорный минерал диабазов, габбро и других пород основного состава. Иногда ильменит образует микрокристаллические вроски в пироксенах. Выделения ильменита встречаются также в жилах альпийского типа в ассоциации с рутилом, сфеном, апатитом, полевыми шпатами, горным хрусталем.

*Месторождения.* Ильменские горы (СССР); Эккерзунд-Зоггендаль (Норвегия); Сен-Урбен (Канада); Айрон-Маунтин, шт. Вайоминг (США) и другие месторождения.

## 80. КАИНИТ

$\text{KMg}[\text{Cl/SO}_4]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , или  $\text{MgSO}_4\text{-KCl}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Греч, «кайнос» — новый

*Химический состав.* Калий (K) 14—18%, окись магнезия ( $\text{MgO}$ ) 15—17%, хлор (Cl) 14—19%, окись серы ( $\text{SO}_3$ ) 28,34%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 18—21%.

159

*Цвет.* Серовато-белый, желтоватый, иногда красный, фиолетовый.

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 2,5—3.

*Плотность.* 2,1.

*Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллов.* Минерал изредка образует таблитчатые или призматические кристаллы.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 1,216 : 1 : 0,588;  $p = 94^\circ 56'$ .

*Спайность.* Хорошая (по кубу) (100).

*Агрегаты.* Плотные, тонкозернистые.

*П. тр.* Плавится, в воде легко растворяется, не гигроскопичен, не летучий, имеет солоновато-горький вкус.

*Сопутствующие минералы.* Карналлит, бишофит.

*Практическое значение.* Важная калиевая соль (ср. карналлит сильвин).

*Происхождение и местонахождения.* Продукт изменения карналлита. Особенно широко распространен в соляных месторождениях пермского возраста в ГДР: район Галле, Магдебурга, Эрфурга, Зуля; Гессен, Ганновер (ФРГ); близ Калуша (СССР); шт. Нью-Мексико (США).

## 81. КАЛЬЦИТ

$\text{CaCO}_3$

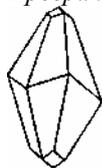
Лат. «кальк» — известь. Синоним: известковый шпат

*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 56%, двуокись углерода (CO<sub>2</sub>) 44%; часто образует двойные соли с магнием и железом, иногда марганцем, реже с цинком (до 2%) и стронцием (стронциокальцит). Бесцветная водно-прозрачная -разность кальцита с сильным двупреломлением называется исландским шпатом.

*Цвет.* Разных цветов, чаще всего белый.

*Блеск.* Стекланный и матовый.

*Прозрачность.* «Хрустально-чистый», прозрачный, просвечивающий.



*Черта.* Белая, светло-серая.

*Твердость.* 3.

*Плотность.* 2,6—2,8. *Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Кристаллы кальцита имеют самый разнообразный облик: установлено 80 различных ромбоэдров, свыше 200 скаленоэдров и более 1000 их комбинаций. Чаще всего встречаются скаленоэдрические кристаллы, реже таблитчатые, пластинчатые, призматические и столбчато-ромбоэдрические. Часто наблюдаются двойники с плоскостью двойникования по ромбоэдру и зернистые агрегаты (мрамор).

*Кристаллическая структура.* Расположение ионов в элементарной ячейке конформно спайному ромбоэдру. Ионы Ca и CO<sub>3</sub> располагаются как в гранецентрированных решетках (см. табл. 1).

*Класс симметрии.* Дитригонально-скаленоэдрический — 3m.

*Спайность.* Весьма совершенная по ромбоэдру (см. табл. 1) (1010).

*Агрегаты.* Зернистые, плотные, пластинчатые, конкреционные и др., закономерные прорастания зерен (мрамор)

*П. тр.* Растрескивается и выделяет CO<sub>2</sub> (жженная известь) .

*Поведение в кислотах.* В слабой соляной кислоте наблюдается интенсивное выделение двуокиси углерода.

*Сопутствующие минералы.* Кварц, сидерит, сульфидные руды, окисные руды и др.

*Сходные минералы.* Арагонит, доломит, амблигонит, шабазит, кварц, барит, гипс, ангидрит, флюорит (легко отличаются по твердости, спайности и поведению в разбавленной соляной кислоте).

*Практическое значение.* Плотные известняки применяются как строительный материал, являются исходным материалом для получения синтетической резины, пластика и другой продукции, используются в качестве флюса в черной металлургии для получения извести (известкование почв), как скульптурный мрамор и т. д. Рыхлые землистые известняки используются как писчий мел, для изготовления зубного порошка, краски, наполнителя для красок и т. д. Водно-прозрачный, очень ценный двупреломляющий исландский шпат находит применение при изготовлении оптических поляризационных приборов.

*Происхождение.* Кальцит — один из самых распространенных минералов на поверхности Земли. Он образуется главным образом хемогенно-осадочным путем из водных растворов. В больших количествах кальцит осаждается в мелководных морских бассейнах, в виде тонкодисперсной взвеси («известкового молока»), из которой впоследствии образуются известняки. Кальцит биохимического происхождения слагает ракушечники, коралловые известняки и рифы. Он выполняет трещины в диабазах, мелафирах, базальтах и во многих других породах. Большой минералогический интерес представляет более редкий кальцит гидротермального происхождения, входящий в состав разнообразных парагенезисов рудных и нерудных минералов (фото 1).

*Месторождения.* Разрабатываемые залежи известняков распространены повсеместно. Двупреломляющий исландский шпат встречается в Исландии; в базальтах Нижней Тунгуски в Сибири, в Средней Азии и на Урале (СССР), а также в других районах мира.

## КАОЛИНИТА ГРУППА

В эту группу входят три полиморфные модификации: Каолинит,  $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8$ , или  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  Диккит,  $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8$  Накрит,  $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8$

Отличить их можно только при помощи электронного микроскопа.

### 82. КАОЛИНИТ

$Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8$ , или  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

Китайск. «као-линг» — высокая гора (так называлось одно из месторождений каолина). Аналогичный состав имеют диккит и накрит

*Химический состав.* Окись алюминия ( $Al_2O_3$ ) 39,5%, двуокись кремния ( $SiO_2$ ) 46,5%, вода ( $H_2O$ ) 14,0%.

*Цвет.* Белый, желтый, зеленоватый, голубоватый, красный.

*Блеск.* Тонкие чешуйки имеют перламутровый блеск, сплошная масса матовая.

*Прозрачность.* В куске непрозрачен, но отдельные листочки прозрачны.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 1.

*Плотность.* 2,58—2,60. *Излом.* Раковистый, землистый.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллических выделений.* Тонкие шестиугольные (псевдогексагональные) хорошо образованные таблички.

*Кристаллическая структура.* Слоистая решетка, аналогичная решетке мусковита.

*Спайность.* Хорошая.

*Класс симметрии.* Предположительно доматический (диэдрический безосный) — 2.

*Отношение осей.* ~0,7 : 1 : ~2,4.

*Агрегаты.* Плотные, рыхлые, тонкочешуйчатые, землистые, сплошные массы.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Разлагается в  $H_2SO_4$ .

*Сопутствующие минералы.* Полевой шпат, фельдшпато-иды, мусковит, кварц, циркон, касситерит и др.; большей частью они встречаются в виде реликтов в каолинитовой массе.

*Сходные минералы.* Монтмориллонит, серицит.

*Практическое значение.* Очень большое. Каолинит используется как сырье в фарфоровой промышленности, как наполнитель в бумажной индустрии, как связующее вещество в красках, лаках и др.

*Происхождение и типы месторождений.* Образуется главным образом за счет полевых шпатов, фельдшпатоидов и других силикатов в результате их химического выветривания (химического разложения) или изменения под воздействием гидротермальных растворов. Пользуется широким распространением на суше (глины) и на океаническом дне (глубоководные глинистые осадки).

*Месторождения.* Мейсен, Кемниц, Галле (ГДР); Сед-лец близ Карлови-Вари (ЧССР); гора Као-Линг (Китай) — высококачественный каолин (китайский фарфор); Корнуэлл и Девоншир (Англия); Украина, Урал (СССР).

### 83. КАРНАЛЛИТ

$MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$

Назван по фамилии Карналь

*Химический состав.* Магний (Mg) 8,7%, калий (K) 14,1%, хлор (Cl) 38,3%, вода ( $H_2O$ ) 38,9%. Специфической особенностью карналлита является жгучий соленый вкус; он сильно гигроскопичен.

*Цвет.* Красный (благодаря мелкочешуйчатым включениям гематита), желтый, белый, бесцветный.

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Мутный, просвечивающий, прозрачный.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 1—2, хрупкий.

*Плотность.* 1,60.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Кристаллы крайне редки, имеют псевдогексагональный облик.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *ттт*.

*Отношение осей.* 0,593 : 1 : 1,384. *Спайность.* Отсутствует.

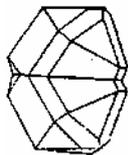
*Агрегаты.* Массивные грубозернистые агрегаты и массы. *П. тр.* Легко плавится; легко растворяется в воде.

*Сопутствующие минералы.* Ангидрит, сильвин, каинит, кизерит, борацит, галит.

*Сходные минералы.* Кайнит, красная каменная соль. *Практическое значение.* Важное сырье для извлечения калия.

*Происхождение.* Кристаллизуется вместе с другими солями в соляных озерах при испарении в условиях жаркого сухого климата; образует крупные соляные залежи.

*Месторождения.* Многочисленные соляные разработки в округах Магдебург, Эрфурт, Зуль и Галле (ГДР); Гессен, Ганновер (ФРГ); Франция; Канада; Соликамск (СССР) и другие районы.



## 84. КАССИТЕРИТ

$\text{SnO}_2$

Греч. «касситерос» — олово. *Синоним:* оловянный камень

*Химический состав.* Олово (Sn) 78,8%, кислород (O) 21,2%, примеси железа, тантала, титана, ниобия, марганца, циркония, вольфрама.

*Цвет.* Коричневый, черный, серый, реже красный и желтый.

*Блеск.* На гранях полуметаллический, в изломе более тусклый.

*Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая до светло-желтой.

*Твердость.* 6—7, хрупкий.

*Плотность.* 6,8—7,1.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Тетрагональная.

*Форма кристаллов.* Весьма изменчивая: столбчатые, пирамидальные, игольчатые, короткостолбчатые, почти всегда двойниковые сростки (фото 29,6).

*Кристаллическая структура.* Аналогична структуре рутила (рутиловая решетка).

*Класс симметрии.* Дитетрагонально-бипирамидальный — 4/mmm.

*Отношение осей, c/a = 0,672.*

*Спайность.* Хорошая по (100), (ПО).

*Агрегаты.* Плотные, почковидные, скорлуповатые, сливные, зернистые, волокнистые (коллоидные формы).

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Типичный парагенезис: кас-ситерит, турмалин, топаз, литиевые слюды (лепидолит), литиево-железистые слюды (циннвальдит), кварц, апатит, флюорит, арсенопирит, -вольфрамит, шеелит, молибденит, самородный висмут, халькопирит и др.

*Сходные минералы.* Везувиан, турмалин, сфалерит, ильменит, вольфрамит, магнетит, рутил.

*Практическое значение.* Касситерит — единственный рудный минерал олова, из которого выплавляется этот металл. Олово применяется для легирования многих сплавов, для изготовления полуды в консервной промышленности и для многих других целей.

*Происхождение.* Рудопроявления касситерита и месторождения олова большей частью генетически связаны с гранитными интрузиями (с оловоносными гранитами). При этом касситерит обычно приурочен к образованиям постмагматической стадии: пегматитовым, тгневматоли-товым или гидротермальным.

При образовании касситерита большую роль играют такие летучие компоненты, как фтор, бор, хлор, которые входят в состав важнейших сопутствующих минералов— топаза (фтор), турмалина (бор), апатита (хлор). Оловоносными являются многочисленные типы грейзе-нов: слюдистые, топазовые, турмалиновые и др.; при высоком содержании касситерита они называются касситеритовыми грейзенами. Кроме того, оловоносные граниты могут испытывать автометаморфизм под воздействием собственных летучих компонентов. В таких случаях касситерит в ассоциации с топазом, турмалином и кварцем встречается в небольших штокообразных телах, которые часто «переполняют» гранитный массив. Такие породы называются цвиттером — это сплошная оловянная руда. Широко распространены также гидротермальные оловоносные породы, в которых выделения касситерита сопровождаются халькопиритом и другими сульфидами. Нередко касситерит находится в сростании с кварцем. Различные процессы образования касситерита обуславливают его морфологическое многообразие.

*Месторождения.* Классические оловоносные провинции: Альтенберг, Циннвальд, Садисдорф, Зейфен, Побершау, Эренфридерсдорф в саксонских Рудных горах, Таннен-берг, Тирперсдорф, Эльсниц в Фогтланде

(ГДР); Корнуэлл (Англия); Забайкалье, Средняя Азии (СССР); провинция Юньнань (Китай); п-ов Малакка и прилежащие острова (Малайская касситеритовая провинция); Потоси (Боливия); Африка (Нигерия, Южная Африка) и другие месторождения, распространенные по всему миру.

### КВАРЦА ГРУППА

Кварц ( $\text{SiO}_2$ ) — простая двуокись кремнезема. В составе земной коры (литосферы) на его долю приходится около 12 мас. %. Кварц — один из минералов, наиболее часто встречающихся в большинстве горных пород, слагающих земную кору: в кварцевых порфирах (риолитах), гранитах, гранито-гнейсах, гнейсах, слюдистых сланцах; является главным, а часто и почти единственным минералом песчаников, кварцитов, конгломератов, песков, галечников, гравия и жильных пород.

К группе кварца относится ряд модификаций кремнезема, образующихся при различных физико-химических условиях (температуре и давлении).

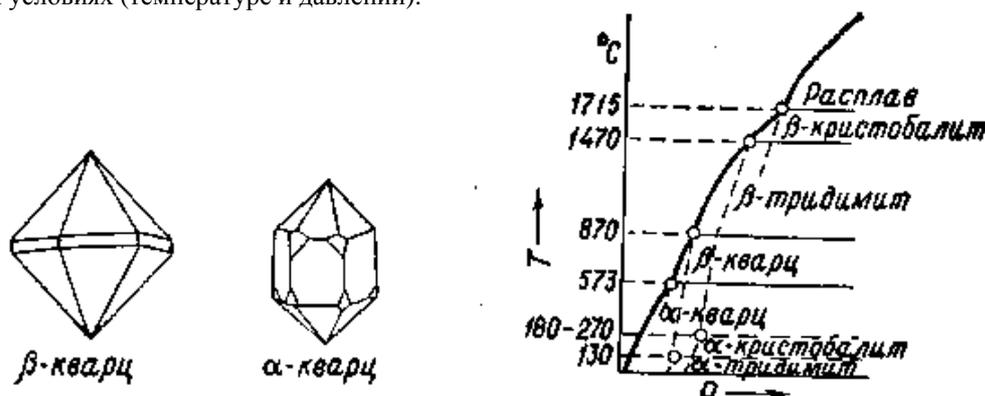
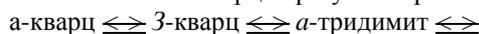


Рис. 21. Однокомпонентная система  $\text{SiO}_2$  (кривые упругости паров различных модификаций  $\text{SiO}_2$  показаны схематически).

Магматический кварц образуется при высоких температурах и сравнительно высоком давлении:



При низких температурах и незначительном давлении проходят следующие превращения:



Различное кристаллическое строение и различный габитус кристаллов позволяют использовать кварц в качестве геологического термометра.

#### МОДИФИКАЦИИ $\text{SiO}_2$ (по А. Г. Бетехтину)

	Температура образования, $^\circ\text{C}$	Сингония	Плотность, г/см <sup>3</sup>
Кварцевое стекло	1715	Аморфная разность	2,21
Высокотемпературный $\beta$ -кristобалит	1715—1470	Кубическая	2,20
$\alpha$ -кristобалит	180—270	Тетрагональная	2,32
Высокотемпературный $\beta$ -тридимит	1470—870	Гексагональная	2,26
$\alpha$ -тридимит			
Высокотемпературный кварц	В- ~130 870—573	Ромбическая	2,27
Низкотемпературный $\alpha$ -кварц	573—100	Гексагональная	2,52
Опал	<100	Тригональная	2,65
		Аморфная разность	1,9-2,5

## 85. КВАРЦ

SiO<sub>2</sub>

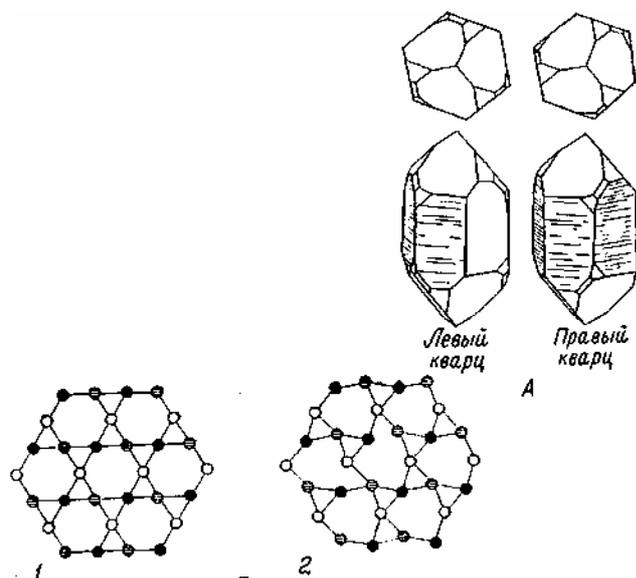
Название дано средневековыми немецкими горняками; оно, вероятно, происходит от Нем. «кварр» — скрежет (зерна кварца при истирании издают характерный скрежет)

*Химический состав.* Двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 100%. В группу кварца входит (ряд минералов (фото 2, И, 23, 30,6).

р-кварц, или высокотемпературный кварц (называемый также порфировым кварцем, так как он встречается только в богатых кремнекислотой лавах), образуется при температуре 870 °С (рис. 21—однокомпонентная система SiO<sub>2</sub>).

а-кварц, или низкотемпературный кварц, кристаллизуется при 573 °С. Это кварц гранитов, гранитного остаточного расплава, гнейсов и глинистых сланцев. Низкотемпературный кварц разделяется по окраске на ряд разновидностей: *горный хрусталь* — бесцветные водяно-прозрачные кристаллы; *аметист* (греч. «аметистос» — не пьяный; в древности аметист служил амулетом от опьянения) — фиолетовый; *дымчатый кварц*, раухкварц

Рис. 22. Кварц, SiO<sub>2</sub>.



Сингония гексагональная или тригональная. Кристаллическая структура кварца проста. В каждом кремнекислородном тетраэдре два иона кислорода расположены несколько выше и два — несколько ниже иона кремния. Низкотемпературный а-кварц (2) лишь незначительно отличается от высокотемпературного з-кварца по своей структуре. На рисунке показаны только ионы кремния; их различное высотное положение в кристаллической решетке отмечено разной густотой закрашки (светлые, заштрихованные и темные кружки). (раухтопаз. — *Ред.*) — прозрачные разновидности, окрашенные в серый или коричневый «дымчатый» цвет; *морион* — черный, серо-бурый или темно-коричневый; *цитрин* — золотисто-желтый или лимонно-желтый; *розовый кварц* — окрашен марганцем в бледно-розовый цвет; *сапфировый, или голубой, кварц* — мутно-голубой кварц, окрашенный тонкими иголочками амфибола; *молочный кварц* — белый кварц, окраска которого обусловлена многочисленными включениями жидкости или газа.

Тонковолокнистые (криптокристаллические) белые, серые, желтые, зеленые и пр., часто пятнистые или полосчатые разновидности кварца называются *халцедонами* (по древнему городу Халкедон на побережье Мраморного моря).

*Агат* (по р. Ахатес, ныне р. Дирилло, на о. Сицилия) — агрегаты халцедона полосчатого строения с полосами, окрашенными в различные цвета. Встречается главным образом в виде минералов, прожилков в эффузивных породах. Разновидности халцедона, окрашенные в разные цвета — коричневый, белый, красный, желтый и др., имеют свои собственные названия: *сердолик* — желтый, оранжевый, красный; *сардер* (или сард) — красновато-бурый, коричневый; *плазма* — зеленый; *хризопраз* — яблочно-зеленый, окрашенный тонкими включениями ии-кельсодержащих силикатов; *оникс* — черно-белый (полосчатый); *карнеол* — мясо-красный. Существуют и другие разновидности.

*Цвет.* Разнообразная окраска, вплоть до бесцветного.

*Блеск.* На кристаллических плоскостях блеск стеклянный, на поверхности излома — жирный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 7, хрупкий.

*Плотность.* 2,52 и 2,65 (у всех тригональных разновидностей).

*Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Гексагональная (высокотемпературный кварц), тригональная — все остальные разновидности кварца, кристаллизовавшиеся ниже 573 °С (так называемый низкотемпературный кварц).

*Форма кристаллов.* Кварц — минерал, (богатый формами, среди которых наиболее характерны гексагональные, трапецоэдрические и бипирамидальные. Различают правый кварц с праволежащими трапецоэдрическими гранями и левый кварц с леволежащими гранями (рис. 22). Характерны различные двойники, в том числе японские, дофинейские, бразильские.

*Класс симметрии.* Высокотемпературный кварц — гексагонально-трапецоэдрический — 622; низкотемпературный — тригонально-трапецоэдрический — 32.

*Отношение осей.* Высокотемпературный кварц:  $c/a = 1,092$ , низкотемпературный:  $c/a = 1,100$ .

*Структура.* Кристаллическая структура простая. Связь тетраэдров  $SiO_4$  осуществляется через один общий атом кислорода.

Низкотемпературный  $\alpha$ -кварц (рис. 22, Б, 2) отличается по кристаллической структуре от высокотемпературного  $\beta$ -кварца (рис. 22, Б, 1) очень незначительно.

*Спайность.* Плохая.

*Агрегаты.* Друзы, столбчатые оростки, плотные, сливные зернистые массы.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется только в плавиковой кислоте.

*Сопутствующие минералы.* Ортоклаз, микроклин, альбит, олигоклаз, мусковит, биотит, альмандин, дистен, андалузит, молибден, пирит, золото, многие сульфидные и другие минералы. Совместно с кварцем не встречаются оливин, лейцит, нефелин и другие минералы, характерные для растворов и расплавов с низким содержанием кремнекислоты.

*Сходные минералы.* Топаз, берилл, кордиерит, фенакит, пренит, флюорит и др.

*Практическое значение.* Кварц и мономинеральные кварцевые породы имеют большое практическое значение. Чистые, без дефектов кристаллы горного хрусталя (который в большом количестве получают искусственным путем) применяются в радиотехнике. Чистый жильный кварц или кварцевые пески служат материалом для футеровки доменных печей (силикатный кирпич) и изготовления мельничных жерновов. Кварцевый песок, галька и щебень находят применение в качестве наполнителей для бетона и как строительные материалы; плотный крипстокристаллический кварц (агат) используется для изготовления агатовых ступок, валиков и призм в весах и в других точных приборах; красивые водяно-прозрачные или цветные разновидности кварца шлифуются и используются для изготовления различных украшений.

*Происхождение.* Кварц образуется в ходе различных геологических процессов.

1. Магматический процесс. На ранних стадиях из богатых кремнекислотой магматических расплавов выделяется гексагональный высокотемпературный, или порфиновый, кварц, характерный для кварцевых порфиров или риолитов; на поздних стадиях в гранитах образуется тригональный низкотемпературный кварц, развивающийся в интерстициях между зёрнами других минералов.

2. Пегматитовый процесс. Кварц выделяется часто в сростании с полевым шпатом (так называемые письменные граниты), с мусковитом. В мусковитовых пегматитах образуется собственно пегматитовый кварц (в том числе розовый кварц).

3. Пневматолитовый процесс. В ассоциации с турмалином, топазом, цинквальдитом, молибденитом, касситеритом, вольфрамитом, апатитом и другими минералами.

4. Гидротермальный процесс. Жильный кварц, в большинстве случаев в ассоциации с такими рудными минералами, как золото, вольфрамит, минералы серебра, висмут, смальтин, сульфиды свинца и цинка, сидерит, флюорит и др.

5. Вторичные процессы. Кварц образуется в ходе химической (эндогенной и экзогенной) переработки, в том числе в результате кристаллизации из коллоидной кремнекислоты по схеме: опал  $\rightarrow$  халцедон  $\rightarrow$  вторичная кристаллизация кварца. При этом могут образовываться низкотемпературные гидротермальные агат и различные разновидности халцедона. Вторичная коагуляция геля кремнекислоты ниже уровня грунтовых вод приводит к окремнению пород и образованию вторичных кварцитов (натечного губчатого кварца), а также к окремнению остатков морских ископаемых организмов и образованию кремневых желваков (журавчи-ков) в известковых осадочных породах и т. п.

*Районы распространения.* Урал, Украина, Закавказье, Забайкалье (СССР); Центральные Альпы (Швейцария, Италия, Франция); провинция Рио-Гран-де (Бразилия, Уругвай) — торный хрусталь; Шлёз-виц — аметисты; Гальбах и другие месторождения в саксонских Рудных горах, Тюрингенском Лесу, Гарце — агаты; Галле и другие местонахождения — лигнитовые кварциты (ГДР); пресноводные кварциты Парижского бассейна (Франция) и другие месторождения.

## 86. КИЗЕРИТ

$MgSO_4 \cdot H_2O$

*Химический состав.* Окись магния ( $MgO$ ) 21—29%, окись серы ( $SO_3$ ) 43—58%, вода ( $H_2O$ ) 13—34%.

*Цвет.* Белый, желтоватый, бесцветный.

*Блеск.* Стеклообразный.

*Прозрачность.* Просвечивающий, прозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 3,5, хрупкий.

*Плотность.* 2,57.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Хорошо образованные кристаллы редки, обычно плотные зернистые массы.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,905 : 1 : 1,003;  $\rho = 117^\circ 43'$ .

*Спайность.* Спайность по призме.

*Агрегаты.* Зернистые.

*П. тр.* При потере воды трескается, легко лавится, во влажном воздухе легко переходит в горькую соль.

*Сопутствующие минералы.* Карналлит, каинит, сильвин, галит, ангидрит.

*Сходные минералы.* Каинит, полигалит, горькая соль (эпсомит).

*Практическое значение.* Магниевое сырье, служит для получения горькой соли.

*Происхождение и месторождения.* Образуется главным образом в соляных месторождениях (кизеритовой провинции) : Штасфурт, Бернбург, Фолькенрода и др. (ГДР); Гессен, Ганновер (ФРГ).

## 87. КИНОВАРЬ

$HgS$

Название происходит предположительно из Индии, где этим словом обозначают красную смолу; букв. — «кровь дракона»

*Синоним:* циннабарит

*Химический состав.* Ртуть ( $Hg$ ) 86,2%, сера ( $S$ ) 13,8%; важная руда ртути, имеющая большое практическое значение.

*Цвет.* Красный, багряный, серый, стально-серый, иногда наблюдается свинцово-серая побежалость.

*Блеск.* Алмазный.

*Черта.* Ярко-красная.

*Твердость.* 2—2,5.

*Плотность.* 8,1—8,6.

*Излом.* Неровный, занозистый.

*Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Толстотаблитчатые или кубообразные ромбоэдрические кристаллы, часто встречаются двойники.

*Кристаллическая структура.* Тригональные винтовые цепи.

*Класс симметрии.* Тригонально-трапецеэдрический — 32.

*Отношение осей, c/a = 1,1453. Спайность.* Хорошая по (1010).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые, сливные землистые массы, лучистые образования, иногда вкрапленность.

*П. тр.* На угле испаряется без остатка (ртутные пары). В закрытой трубке образуются возгон ( $HgS$ ) и капельки ртути.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в царской водке; в  $HNO_3$  или в  $H_2SO_4$  минерал не растворим.

*Сопутствующие минералы.* Самородная ртуть, ртутно-серебряные блеклые руды, халькопирит, марказит, галенит, карбонаты, флюорит, опал, халцедон.

*Сходные минералы.* Реальгар, куприт, эритрин, пирар-гирит, прустит, кровавик, крокоит, красная свинцовая руда, рутил.

*Практическое значение.* Киноварь — важнейшая руда ртути.

*Происхождение.* Образуется в гидротермальных (эпи-термальных) условиях; в зоне окисления из киновари иногда образуется самородная ртуть.

*Месторождения.* Альмаден (Испания); Идрия (Югославия); Монте-Амиата (Италия); Нью-Альмаден, Калифорния (США); Никитовна (Донбасс), Алайский и Туркестанский хребты (Средняя Азия), Кавказ и другие месторождения (СССР). В ГДР незначительные по размеру месторождения расположены в западных Рудных

горах и в Тюрингенском Лесу; в ФРГ имеется небольшое месторождение возле Мошель-Ландсберга, вблизи Пфальца.

## 88. КЛИНОХЛОП



«Клинен» — наклонять (у минерала моноклинная сингония) Греч, «хлорос» — зеленый Магнезиальный хлорит, у которого особенно четко проявляется моно-клинность кристаллических форм (см. хлориты)



*Химический состав.* Сильно колеблется; окись магния (MgO) 17—34,5%, закись железа (FeO) 1,8—12,2%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0—3%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 13,1 — 17,6%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 28,3—33,9%, вода (H<sub>2</sub>O) 11,7—14,2%. Примеси: окись кальция (CaO) до 9%, окись марганца (MnO) до 23%, окись трехвалентного хрома (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) до 8% (хромсодержащий клинохлор называется *кочубеитом*).

*Цвет.* Черно-зеленый до синевато-зеленого (кочубеит розовый, фиолетовый).

*Блеск.* Перламутровый, стеклянный, жирный.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Зеленовато-белая.

*Твердость.* 2—2,5, листочки гибкие, но хрупкие (не эластичны).

*Плотность.* 2,61—2,78. *Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые, пирамидальные, ромбоэдрические.

*Кристаллическая структура.* Слоистая решетка.

*Класс симметрии.* Предположительно призматический — 2/m.

*Отношение осей.* ~0,7 : 1 : ~3,1;  $\rho = 96^\circ 50'$ .

*Спайность.* Весьма совершенная по базису (001).

*Агрегаты.* Чешуйчатые, листоватые. *П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Полностью разлагается в концентрированной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

*Сопутствующие минералы.* Те же, что и у пеннина.

*Сходные минералы.* Те же, что и у пеннина: тюрингит, глауконит, вермикулит.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение и местонахождения.* См. пеннин.

## 89. КОБАЛЬТИН



Синоним: кобальтовый блеск

*Химический состав.* Кобальт (Co) 26—34%, мышьяк (As) 24—48%, сера (S) 18—21%, иногда присутствует до 3% никеля и до 8% железа (реже до 16%, в таких случаях минерал называется *феррокобальтином*).

*Цвет.* Серебряно-белый, белый, с красноватым оттенком.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Серая, черная.

*Твердость.* 5—6, хрупкий. *Плотность.* 6,0—6,5.

*Излом.* Раковистый, неровный. *Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Октаэдры, кубы, пентагон-додека-эдры.

*Кристаллическая структура.* Сходна со структурой пирита.

*Класс симметрии.* Дидодекаэдрический —  $\bar{3}$ .

*Спайность.* Средняя по кубу (100).

*Агрегаты.* Сплошные, почковидные, зернистые.

*П. тр.* Плавится в серый королек, «а угле образует налет трехокси мышьяка (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

*Поведение в кислотах.* В HNO<sub>3</sub> образуется розовый раствор с выделением серы и трехокси мышьяка (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

*Сопутствующие минералы.* Халькопирит, кварц, турмалин, апатит.

*Сходные минералы.* Линнеит, никелин, висмут.

*Практическое значение.* Кобальтин является важной рудой кобальта. Последний применяется как легирующий элемент при изготовлении кобальтовых сталей. С металлами (хром, молибден, вольфрам и др.) кобальт

образует такие важные в технике твердые вязкие материалы, как стеллит, видия и др. Со используется при изготовлении стекла (кобальтовое стекло) и в керамической промышленности для получения глазури синего и зеленого цвета.

*Происхождение.* Контактново-пневматолитовое в гнейсах, слюдяных сланцах, карбонатных скарнах; гидротермальное в кварцевых жилах с золотом, кобальт-никель-серебряных и сидеритовых жилах.

*Месторождения.* У Кировобада (Азербайджанская ГСР) (СССР); Кобальт в Онтарио (Канада); близ Ан-наберга, Шнеберга (Рудные горы) (ГДР); у Зигена (ФРГ); Скуттеруд (Норвегия); Тунаберг (Швеция) и др.

## 90. КОВЕЛЛИН

$\text{CuS}$ , или  $\text{Cu}_2\text{S}-\text{Cu}^{2+}\text{S}_2$

Назван по фамилии итальянского минералога Ковелли (1790—1829) Синоним: медное индиго



*Химический состав.* Медь (Cu) 66,5%, сера (S) 33,5%.

*Цвет.* Индигово-синий до сине-черного.

*Блеск.* Жирный. *Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная.

*Твердость.* 1,5—2.

*Плотность.* 4,7.

*Излом.* Неровный до раковистого.

*Сингония.* Гексагональная.

*Форма кристаллических выделений.* Чаще всего мелкие тонкие таблички, листоватые, мелкозернистые, шестова-тые, сплошные массы.

*Кристаллическая структура.* Гексагональная слоистая решетка.

*Класс симметрии.* Дигексагонально-бипирамидальный —  $6/mmm$ .

*Отношение осей,  $c/a$* —4,305.

*Спайность.* Совершенная по базису (0001). *Агрегаты.* Массивные, сплошные, листоватые.

*П. тр.* Легко плавится и загорается голубым пламенем, выделяя двуокись серы.

*Сопутствующие минералы.* Халькопирит, халькозин, борнит, пирит и др.

*Сходные минералы.* Борнит (не листоватый!).

*Практическое значение.* Медная руда.

*Происхождение.* Обычно ковеллин образуется в зоне вторичного сульфидного обогащения медных, колчеданных и полиметаллических месторождений (рис. 20). Является характерным минералом зон выветривания и переотложения.

*Месторождения.* Медистые сланцы Мансфельда, Эйсле-бена, Зангерхаузена (ГДР). Известны находки в Аль-геро (Сардиния); Бьютт, шт. Монтана (США); Кауан (Новая Зеландия); Бор (Югославия) и др.

## 91. КОРДИЕРИТ

$\text{Al}_3(\text{Mg, Fe})_2[\text{Si}_5\text{Al}_{10}]$

Назван в честь английского геолога Кордые (1777—1862)

Синоним: дихроит (греч. «дихрос» — двуцветный)

*Химический состав.* Двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) около 50%; содержание окиси магния и закиси железа меняется в широких пределах:  $\text{MgO}$  0,5—15%,  $\text{FeO}$  I—12%; окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 29—33%.

*Цвет.* Бесцветный, светло-синий, темно-синий, фиолетовый, иногда желтовато-белый до бурого.

*Блеск.* Жирный, стеклянный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий. *Черта.* Белая.

*Твердость.* 7—7,5, хрупкий.

*Плотность.* 2,60—2,66.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллических выделений.* Кристаллы редки, обычно сплошные массы, часто вкрапленные зерна. *Кристаллическая структура.*

Сходна со структурой берилла, лишь места ионов бериллия заняты ионами алюминия.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный —  $mmm$ .

*Отношение осей.* 1,748 : 1 : 0,954.

*Спайность.* Несовременная.

*Агрегаты.* Сплошные массы, зерна.

*П. тр.* Не плавится или плавится с большим трудом.

*Поведение в кислотах.* Нерастворим.

*Сопутствующие минералы.* Полевые шпаты, биотит, кварц, магнетит, пирротин, амфиболы, силлиманит, андалузит.

*Сходные минералы.* Кварц, нефелин.

*Практическое значение.* Кордиерит красивой синей окраски иногда используется как драгоценный камень (дихроит).

*Происхождение.* Распространен в гранитных пегматитах, гнейсах (кордиеритовые гнейсы, гранат-кордиеритовые гнейсы), кордиеритовых (контактовых) роговиках. Встречается в вулканических породах (риолитах, андезитах), в вулканических выбросах. В виде так называемого водяного сапфира вместе с гранатом, турмалином, силлиманитом встречается как тяжелый -минерал в речных галечниках.

*Месторождения.* В саксонских Гранулитовых горах в пегматитах и кордиеритовых гнейсах близ Бургштедта, в долине Хемница между Моосдорфом и Люнценау, у Лимбаха, Митвейды, Берингена и в других районах (ГДР); близ Боденмайса в Баварии (ФРГ). Как породообразующий минерал кордиерит повсеместно распространен в роговиках разных типов.

## 92. КОРНЕРУПИН



Синоним: призматин

*Химический состав.* Двоокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 30,5%, окись бора (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 3%, тлшюзем (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 35,8%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 3,2%, закись железа (FeO) 9,1%, окись магния (MgO) 17,6%, окись натрия (Na<sub>2</sub>O) 1,6%.

*Цвет.* Белый, темно-желтый.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 7,5.

*Плотность.* 3,3.

*Сингония.* Ромбическая.

*Агрегаты.* Шестоватые, лучистые.

*Сопутствующие минералы.* Турмалин, плагиоклаз и др.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Пегматитово-яневматолитовое в гра-нулитах, гнейсах.

*Местонахождения.* Вальдгейм (ГДР); Гренландия; Мадагаскар; оз. Сент-Мари, Квебек (Канада) и др.

## 93. КОРУНД



Название происходит из Индии

Разновидности: *наждак* — тонкозернистый корунд с примесью других минералов; *рубин* — драгоценный камень красного цвета (лат. «рубер» — красный); *сапфир* — драгоценный камень синего цвета (греч. «сапфейрос» — голубой драгоценный камень)

*Химический состав.* Алюминий (Al) 53,2%, кислород (O) 48,8%; незначительные примеси хрома, железа, марганца, титана придают корунду соответствующую окраску.

*Цвет.* Белый, красный, розовый, синий, синевато-зеленый, черный.

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий до непрозрачного.

*Черта.* Белая, царапает фарфоровую пластинку.

*Твердость.* 9.

*Плотность.* 3,9—4,1.

*Излом.* Раковистый, занозистый.

*Сингония.* Тригональная, боченковидные кристаллы.

*Форма кристаллов.* Призматические, боченковидные, столбчатые, пирамидальные, таблитчатые, ромбоэдрические.

*Кристаллическая структура.* Центры тяжести групп Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> образуют слегка деформированную всесторонне гранецентрированную кубическую решетку [В основе структуры корунда лежит плотнейшая гексагональная упаковка из ионов кислорода, в которой <sup>2</sup>/<sub>3</sub> октаэдрических пустот заполнены ионами Al<sup>3+</sup>, образующими, таким образом, в пространстве октаэдры AlO<sub>6</sub>. — *Прим. перев.*].

*Класс симметрии.* Дитригонально-скаленоэдрический — 3m.

*Отношение осей, c/a* = 1,363. *Спайность.* Отсутствует. *Агрегаты.* Плотные, зернистые. *П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется. *Сопутствующие минералы.* Магнетит, гематит, хлорит, шпинель.

*Сходные минералы.* Изумруд, циркон, шпинель, гранат, кордиерит, берилл, апатит, топаз, турмалин.

*Практическое значение.* Важнейшее сырье для квантовых генераторов. Применяется для специальной футеровки электроплавильных печей, находит применение в физических приборах, часах, для изготовления абразивов (корундовые круги, наждачная бумага, шлифовальные порошки). Большое количество корунда получают искусственно; искусственные рубины и сапфиры находят широкое применение в ювелирном деле, а также в лазерах.

*Происхождение.* Глубинное магматическое в корундовых сиенитах, сиенитовых пегматитах. При контактовом метаморфизме и метасоматозе, в богатых глиноземом осадочных породах образуются залежи корунда — месторождения наждака, а в более редких случаях в глиноземистых мраморизованных известняках образуются драгоценные корунды (рубины, сапфиры и др.). Месторождения драгоценных корундов известны в Верхней Бирме, Шри Ланка, Бразилии, на Урале (в Ильменах). *Месторождения.* Месторождения корунда находятся на о. Наксос (корунд с магнетитом, железным блеском, гранатом) (Греция); в СССР известно богатое месторождение корунда Семизбугы в районе Баянаула (Казахстан), где корунд ассоциирует с мусковитом, гематитом, рутилом и другими минералами; проявления корундовой минерализации имеются также на восточном склоне Урала в районе Кыштыма (корунд-плагиоклазо-вые жилы в ультраосновных породах).

## 94. КРИОЛИТ

$a\text{-Na}_3\text{AlF}_6$

Греч, «криос» — лед, «литое» — камень (минерал по внешнему виду похож на лед)

*Химический состав.* Алюминий (Al) 12,8%, натрий (Na)

32,8%, фтор (F) 54,4%.

*Цвет.* Белый, реже красноватый, коричневатый, черный.

*Блеск.* Перламутровый, влажный, стеклянный.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 2,5 — 3, хрупкий.

*Плотность.* 2,95.

*Излом.* Шпатоподобный, неровный.

*Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллов.* Кубообразные, иштрихованные кристаллы, двойники.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,973 : 1 : 1,391;  $\angle = 90^\circ 11'$ .

*Спайность.* Хорошая по (001), (НО).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые, шпатоподобные.

*П. тр.* Легко плавится (плавится уже в пламени спички).

*Поведение в кислотах.* Растворяется в HCl и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

*Сопутствующие минералы.* Кварц, сидерит, галенит, пирит, халькопирит, сфалерит, касситерит, топаз, флюорит.

*Сходные минералы.* Ангидрит, барит.

*Практическое значение.* В металлургии применяется в качестве плавня, используется также при изготовлении матового стекла, эмалей.

*Происхождение.* В пегматитах; генетически связан с растворами, содержащими большое количество фтора.

*Месторождения.* Ивигтут (Гренландия); Ильмены (СССР).

## 95. КРОКОИТ

$\text{PbCrO}_4$

Греч, «крокос» — шафран (по цвету красно-желтого рыльца цветка *Crocus sativus*) Синоним: красная свинцовая руда

*Химический состав.* Окись свинца (PbO) 68,9%, окись хрома (CrO<sub>3</sub>) 31,1%.

*Цвет.* Яркий оранжево-красный, желто-красный (фото 27).

*Блеск.* Алмазный (жирный).

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Оранжево-желтая. *Твердость.* 2,5—3, хрупкий.

*Плотность.* 5,9—6,0.

*Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Шестоватые, призматические, игольчатые.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,960 : 1 : 0,919;  $\rho = 102^\circ 33'$ .

*Спайность.* Ясная по (110).

*Агрегаты.* Вкрапленность, плотные массы, налеты.

*П. тр.* Плавится, дает свинцовый королек. *Поведение в кислотах.* Растворяется в горячей соляной кислоте.

*Сопутствующие минералы.* Галенит, лимонит, иногда хромит.

*Сходные минералы.* Реальгар, киноварь.

*Практическое значение.* Не имеет, так как встречается слишком редко.

*Происхождение.* Образуется в зоне окисления свинцовых месторождений вблизи хромитовых залежей или хромосодержащих перидотитов.

*Местонахождения.* Урал, близ Свердловска (СССР); о. Тасмания (район Дандас); Бразилия; о. Лусон (Филиппины).

## 96. КУПРИТ

$\text{Cu}_2\text{O}$

Лат. «купрум» — медь. Синоним: красная медная руда

*Химический состав.* Медь (Cu) 88,8%, кислород (O) 11,2%; в виде механических примесей—самородная медь, гематит, вода.

*Цвет.* Красный, красно-бурый, металлически-серый.

*Блеск.* Металлический, на изломе алмазный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Буровато-красная.

*Твердость.* 3,5—4, хрупкий.

*Плотность.* 5,85—6,15.

*Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Октаэды, реже кубы.

*Кристаллическая структура.* Купритовая решетка.

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический.

*Спайность.* Ясная по октаэдру (111).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые.

*П. тр.* Восстанавливается до меди.

*Поведение в кислотах.* Растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Самородная медь, малахит, азурит.



*Сходные минералы.* Гематит, киноварь, прустит, пирар-гирит.

*Практическое значение.* Медная руда; крупные месторождения встречаются редко.

*Происхождение.* В зонах окисления месторождений меди.

*Месторождения.* Урал, Алтай (СССР); Шесси близ Лиона (Франция); Бисби, шт. Аризона (США); Цумеб (Намибия); Перу; Чили и др.

## 97. ЛАБРАДОР

Минерал в большом количестве был найден на побережье п-ова Лабрадор

Минерал группы полевых шпатов — плагиоклаз основного состава

*Химический состав.* См. диаграмму на рис. 23.

*Цвет.* Белый, серый, бурый, синий.

*Блеск.* Стекланный, жирный, перламутровый. У Лабрадора наблюдается яркая игра цветов — иризация в синих, красноватых или зеленых тонах (лабрадоризация) (ср. анортотлаз).

*Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6, хрупкий.

*Плотность.* 2,72.

*Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Триклинная.

*Форма кристаллов.* Столбчатые, толстотаблитчатые (кристаллы редки).

*Кристаллическая структура.* Силикат с бесконечным трехмерным каркасом  $(\text{SiAl})\text{O}_4$ .

*Класс симметрии.* Пинакоидальный — 1.

*Отношение осей.* 0,635: 1 : 1,10;  $a=93^\circ 34'$ ,  $\rho = 116^\circ 06'$ ,  $\gamma = 89^\circ 47'$ .

*Спайность.* Совершенная по базису (*P*) (001), ясная по концевой грани (*M*) (010) и по призме (*T*) (см. полевые шпаты).

*Агрегаты.* Зернистые, плотные.

*П. тр.* Плавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Оливин, пироксены, хромит, ильменит, халькопирит, пирротин, пентландит и др.

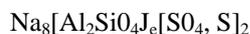
*Сходные минералы.* Анортотлаз.

*Практическое значение.* Небольшое. Иризирующие лабрадоры находят применение в качестве полудрагоценного камня и облицовочного материала.

*Происхождение.* Лабрадор — важный породообразующий минерал магматических пород основного состава: габбро, базальтов, диабазов. Большая часть симантического слоя Земли состоит из Лабрадора. Лабрадор пегматитового происхождения называется «лабрадор-анортотит».

*Районы распространения.* Канада; Украинская ССР, Средний Урал, Карелия (СССР); в массивах габбро близ Бёригена, Вальдгейма, Хоэнштейн-Зринстала, Хельмюле близ Пеннига (саксонские Гранулитовые горы); Лабрадор входит в состав базальтов и диабазов Рудных гор и Тюрингенского Леса в его краевой области, а также диабазов Гарца (ГДР). Широко распространённый минерал.

## 98. ЛАЗУРИТ



Назван по интенсивной синей окраске. Синоним: ляпис-лазурь

*Химический состав.* Окись натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 16,8%, окись кальция ( $\text{CaO}$ ) 8,7%, окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 27,2%, двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 31,8%, окись серы ( $\text{SO}_3$ ) 34%, хлор ( $\text{Cl}$ ) 0,25%.

*Цвет.* Лазурно-синий, темно-синий.

*Блеск.* Стекланный, жирный.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Светло-голубая.

*Твердость.* 5,5, хрупкий.

*Плотность.* 2,38—2,42.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Кристаллы очень редки.

*Кристаллическая структура.* Простая кубическая структура. Ионы хлора располагаются в углах и в центре куба в тетраэдрическом окружении ионов натрия.

*Класс симметрии.* Гексатетраэдрический — 43m.

*Спайность.* Несовершенная. *Агрегаты.* Плотные, аморфные.

*П. тр.* Сплавляется в белое стекло.

*Поведение в кислотах.* Разлагается в  $\text{HCl}$  с выделением сероводорода.

*Сопутствующие минералы.* Кальцит, пирит.

*Сходные минералы.* Содалит, нозеан, гаюин.

*Практическое значение.* Декоративный и поделочный камень: с древних времен и по сей день применяется для изготовления всевозможных украшений.

*Происхождение.* Образуется в процессе контактового метаморфизма на контакте карбонатных пород со щелочными интрузиями.

*Месторождения.* Бадахшан (Афганистан); южное Забайкалье (СССР); Калифорния (США); горы Альбано, вьибросы Монте-Саммы (Италия).

## 99. ЛЕЙЦИТ

$K[AlSi_2O_6]$ , или  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$

Греч, «левкое» — белый

*Химический состав.* Окись калия ( $K_2O$ ) 21,5%, окись алюминия ( $Al_2O_3$ ) 23,5%, двуокись кремния ( $SiO_2$ ) 55,0%.

*Цвет.* Бесцветный, белый, серый, желтоватый.

*Блеск.* Стекланный и жирный.

*Прозрачность.* Непрозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5—6.

*Плотность.* 2,45—2,50.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Кубическая.

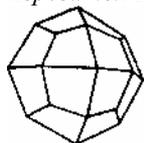
*Форма кристаллов.* Тетрагон-триоктаэдры (лейцитозэдры).

*Кристаллическая структура.* Бесконечный трехмерный каркас  $(SiAl)O_4$  (каркасная решетка).

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический —  $m\bar{3}m$ .

*Спайность.* Отсутствует.

*Агрегаты.* Редки, чаще монокристаллы.



*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в  $HCl$  с выпадением в осадок кремнекислоты.

*Сопутствующие минералы.* Санидин, Лабрадор, нефелин, оливин, авгит.

*Сходные минералы.* Анальцит, содалит, гранат (гроссуляр).

*Практическое значение.* Используется в качестве второстепенного сырья для получения алюминия и калия.

*Происхождение.* Лейцит — породообразующий минерал (фельдшпатоид), образуется в магматических расплавах основного состава с высоким содержанием калия, например в лейцитовых базальтах, лейцитовых фоно-литах, лейцитовых сиенитах.

*Местонахождения.* В ГДР распространен в Рудных горах (Обервизенталь); в Италии широко развит в лавах Везувия; ФРГ (Лаахерское озеро) и другие места.

## 100. ЛЕПИДОЛИТ

$KLi_{1,5}Al_{1,5}[Si_3Al_{10}]_2[F, OH]_2$

Греч, «лепис» — чешуйка, «литое» — камень. Синоним: литионит

*Химический состав.* Изменчивый; окись калия ( $K_2O$ ) 4,82—13,85%, окись лития ( $Li_2O$ ) 1,23—5,90%, окись алюминия ( $Al_2O_3$ ) 11,33—28,80%, двуокись кремния ( $SiO_2$ ) 46,90—60,06%, вода ( $H_2O$ ) 0,65—3,15%, фтор (F) 1,36—8,71%. Присутствуют также примеси железа, марганца, кальция, натрия, цезия, рубидия, составляющие (в виде окислов) до 3,7%.

*Цвет.* Бледно-розовый, розовато-серый, розовато-красный, сиреневый.

*Блеск.* Перламутровый.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 2—3.

*Плотность.* 2,8—2,9.

*Излом.* Листочки гибкие, эластичные.

*Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллических выделений.* Таблитчатые, чешуйчатые, кристаллы редки.

*Кристаллическая структура.* Слоистая решетка.

*Класс симметрии.* Призматический —  $2/m$ .

*Отношение осей.* 0,581 : 1 : 1,124;  $\rho=100^\circ 48'$ .

*Спайность.* Весьма совершенная по базису (001), неотчетливая по боковым граням и призме.

*Агрегаты.* Плотные, листоватые, тонкочешуйчатые, скорлуповатые.

*П. тр.* Легко сплавляется с образованием белой эмали, окрашивает пламя в карминово-красный цвет.  
*Поведение в кислотах.* Растворяется с трудом, только после плавления.

*Сопутствующие минералы.* Топаз, берилл, сподумен. *Сходные минералы.* Циннвальдит.

*Практическое значение.* Используется для получения солей лития, которые применяются при изготовлении специальной оптики и в пиротехнике. Литий употребляют также в качестве легирующего металла.

*Происхождение.* В пегматитах и в пневматолитовых породах в ассоциации с касситеритом и вольфрамитом.

*Месторождения.* Урал (СССР); Рожнов (ЧССР); Овернь (Франция); шт. Мэн, Сан-Диего - в Калифорнии (США); саксонские Гранулитовые горы, пегматиты близ Пенига, Лимбах (округ Карл-Маркс-Штадт) (ГДР) и др.

## 101. ЛЁЛЛИНГИТ

$\text{FeAs}_2$

Раньше назывался мышьяковистым колчеданом

Назван по Лёллингу, городу в Каринтии (Австрия)



*Химический состав.* Железо (Fe) 27%, мышьяк (As) 72,8%.

*Цвет.* Оловянно-белый с серой побежалостью.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Серо-черная.

*Твердость.* 5—5,5.

*Плотность.* 7,4—7,5. *Излом.* Неровный.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Игольчатые, призматические.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирам.идальный — *mmm*.

*Отношение осей.* 0,544 : 1 : 1,130. *Спайность.* Неясная по (001).

*Агрегаты.* Плотные, сливные, тонкозернистые, игольчатые.

*П. тр.* На угле образует белый налет окиси трехвалентного мышьяка.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в  $\text{HNO}_3$  с выпадением  $\text{As}_2\text{O}_3$ .

*Сопутствующие минералы.* Галенит, сфалерит, пирит, хлоантит, магнетит, самородный висмут, касситерит, сидерит, флюорит, пироксены, амфиболы, гранат и др. *Сходные минералы.* Арсенопирит, кобальтовый блеск. *Практическое значение.* Небольшое; может использоваться для получения (мышьяка).

*Происхождение и месторождения.* Присутствует главным образом в гидротермальных жилах и метасоматических месторождениях (скарнах). Магнетитовые скарны Санкт-Христофа близ Брайтенбрунна, в оловоносных гранитах Гейера (Рудные горы) (ГДР); Лёллинг близ Хюттенберга (Каринтия); в месторождениях Ба-рутрёск, Болиден и Фалун (Швеция) и другие месторождения мира.

## 102. ЛИМОНИТ

$\text{FeO} \cdot \text{H}_2\text{O}$  (или  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{nH}_2\text{O}$ )

Греч, «лимон» — луг (первоначально «мелись в виду характерные месторождения лимонита в болотах — болотная руда) Синоним: бурый железняк

*Химический состав.* Окись железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 86—89%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 10—14% (см. гётит).

*Цвет.* Бурый, черный, охристо-желтый.

*Блеск.* Стекловидный, шелковистый, жирный, матовый.

*Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Желтая, ржаво-бурая.

*Твердость.* 1,5—5,5.

*Плотность.* 3,3—3,9.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллических выделений.* Тонкокристаллические, волокнистые, столбчатые агрегаты, землистые, сплошные массы, весьма распространены почковидные стяжения, сталактитоподобные и шарообразные формы (бурая «стеклянная голова»), оолитовые и бобовые руды.

*Класс симметрии.* См. гётит.

*Отношение осей.* См. гётит.

*Спайность.* Хорошая.

*П. тр.* Плавится, при нагревании в стеклянной трубочке выделяет большое количество воды. *Поведение в кислотах.* Растворяется в HCl.

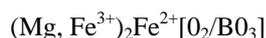
*Сопутствующие минералы.* Пирролюзит, псиломелан, гематит, халцедон, кварц, кальцит, барит и др.

*Сходные минералы.* Гётит, гематит.

*Практическое значение.* Важная железная руда. *Происхождение.* 1. Минерал зоны выветривания. Игольчатые разновидности, такие, как болотная железная руда, образуются из гелей в заболоченных участках. 2. При накоплении богатых железом минералов и сульфидов в зоне окисления (железной шляпе). 3. Как морские оолитовые образования, называемые железорудными минералами. В ГДР оолитовые железные руды встречаются возле Зомершенбурга (округ Магдебург), руды коры выветривания — в районе Тюрингенского краевого разлома в Камсдорфе близ Заальфельда, Шмалькальдена, Зуля, землистый бурый железняк вместе с хлоритами никеля — в коре выветривания серпентинитового массива близ Хоэнштейн-Эрсттала (округ Карл-Маркс-Штадт). Распространен во всем мире.

*Месторождения.* Весьма крупное месторождение бурого железняка находится в ФРГ близ Зальцгиттера (Бра-уншвейг), еще большее по размеру месторождение бобовых железных руд известно в Лотарингии (Франция). В СССР крупные месторождения оолитовых руд известны на Урале, на Керченском п-ове и в других местах.

### 103. ЛЮДВИГИТ



Назван в честь химика Людвига

*Химический состав.* Изменчивый; окись магния (MgO) 27—33%, закись железа (FeO) 7—17%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 36—40%, окись трехвалентного бора (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 15-17%.

*Цвет.* Черный, черно-зеленый.

*Блеск.* Стеклоподобный, шелковистый.

*Прозрачность.* Непрозрачный, просвечивающий (зеленоватый).

*Черта.* Черно-зеленая.

*Твердость.* 5, хрупкий.

*Плотность.* 3,6—4.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллических выделений.* Встречается только в виде агрегатов — зернистых, лучистых или плотных. *Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — mwm.

*Отношение осей.* 2,997 : 1 : 4,082.

*Спайность.* Раскалывается на призматические осколки.

*П. тр.* Плавится с образованием черного магнитного шлака.

*Поведение в кислотах.* Легко разлагается.

*Сопутствующие минералы.* Везувиан, гранат, пироксен, амфибол, флогопит, хлорит, альбит, кварц, магнетит, касситерит, арсенопирит, лёллингит и др.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение и месторождения.* Контактново-метасо-матический (контакново-пневматолитовый) в доломитах и известняках. Редкие находки людвигита отмечены на р. Моравица, область Банат (Румыния). В ГДР людвигит в существенном количестве встречается в магнетитовых скарнах Пела, близ Шварценберга в Рудных горах.

### 104. МАГНЕЗИТ MgCO<sub>3</sub>

Назван по области Магнезия в Фессалии (Греция); минерал известен с глубокой древности. Синонимы: горький шпат, горькая соль

*Химический состав.* Окись магния (MgO) 47,6%, двуокись углерода (CO<sub>2</sub>) 52,4%. Примеси железа, марганца, кальция.

*Цвет.* Белый, бледно-желтый, серый, черный, буроватый.

*Блеск.* Стеклоподобный, матовый.

*Прозрачность.* Слаболосвечивающий.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 4—4,5.

*Плотность.* 2,9—3,10.

*Излом.* Фарфоровидный (у плотных разновидностей), раковистый.

*Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Притупленно-ромбоэдрические кристаллы, чаще грубозернистые выделения.

*Кристаллическая структура.* Аналогична структуре кальцита.

*Класс симметрии.* Дитригонально-скаленоэдрический — 3m.

*Спайность.* Совершенная по ромбоэдру (1010).

*Агрегаты.* Зернистые, плотные.

*П. тр.* Не плавится, растрескивается. *Поведение в кислотах.* Растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Доломит, опал, халцедон, минералы группы серпентина, тальк, хлорит, гипс.

*Сходные минералы.* Кальцит, доломит, анкерит, сидерит.

*Практическое значение.* Применяется в металлургии в качестве огнеупора.

*Происхождение.* Гидротермальное — путем замещения доломитовых известняков и доломитов, а также при воздействии гидротермальных растворов на ультраосновные породы. Магнезит, главным образом его разновидность с очень плотной криптокристаллической текстурой, образуется также при химическом выветривании серпентинитов.

*Месторождения.* Главные районы развития месторождений: Урал, Дальний Восток (СССР); северо-восток КНР; КНДР; ЧССР; Австрия.

## 105. МАГНЕТИТ

$Fe_3O_4$ , или  $FeO \cdot Fe_2O_3$

Греч. «магнетес» — магнитный камень. По другим толкованиям минерал назван по области Магнезия или по имени пастуха Матнеса, якобы первым нашедшего природный магнит — магнетит. Синоним: магнитный железняк.

*Химический состав.* Закись железа (FeO) 31%, окись железа ( $Fe_2O_3$ ) 69,0%, железо (Fe) 72,4%. Разновидности: *титаномагнетит* с содержанием двуокиси титана до нескольких процентов; *хроммагнетит* с содержанием окиси хрома до нескольких процентов; известны также разновидности, содержащие до 10% окиси магния (MgO) и до 15% окиси алюминия ( $Al_2O_3$ ). В магнетитах различного происхождения отмечаются следы никеля, марганца, ванадия, кобальта, циркония, олова и других элементов. Минерал обладает сильными ферромагнитными свойствами.

*Цвет.* Железно-черный, иногда с синей побежалостью.

*Блеск.* Металлический, матовый.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная. Специфическим свойством магнетита является его способность замещаться гематитом. Псевдоморфозы гематита по магнетиту чюсят специальное название — «мартит», а сам процесс замещения называется «мартитизация». Такие минералы переходного состава имеют уже свойства гематита (вишнево-красную или красно-бурую черту).

*Твердость.* 5,5.

*Плотность.* 4,9—5,2. *Излом.* Раковистый. *Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Октаэдры, редко (ромбододекаэдры).

*Кристаллическая решетка.* Шпинелевая. *Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический — 3m.

*Спайность.* Отсутствует.

*Агрегаты.* Плотные, сливные.

*П. тр.* Не плавится. В окислительном пламени магнетит сначала переходит в маггемит ( $\gamma\text{-Fe}_2O_3$ ), а затем в гематит; при этом магнитные свойства минерала исчезают.

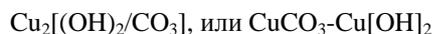
*Поведение в кислотах.* В порошке растворяется в HCl. *Сопутствующие минералы.* Оливин, серпентин, пироксен, амфибол, гранат, хлорит, сфалерит, тшрит, халькопирит, ильменит, гематит, лёллингит, арсешишит, кальцит и другие минералы.

*Сходные минералы.* Ильменит, гематит, лимонит. *Практическое значение.* Наряду с гематитом и лимонитом важная руда железа.

*Происхождение.* Во многих магматических породах (сиенитах, диоритах, андезитах) магнетит является акцессорным минералом, в породах основного состава (базальтах, габбро) он обычно представлен титановой разновидностью — титаномагнетитом. Образование существенных количеств магнетита за счет кристаллизации магматического расплава (рудной магмы, тип Кируна-вара) происходит редко. Чаще массивные магнетитовые руды являются результатом контактовой метасоматоза (магнетитовые скарны, тип саксонских Рудных гор). Мировое значение имеют магнетит-гематитовые кварциты (тип Курской магнитной аномалии), возникшие в процессе регионального метаморфизма. *Месторождения.* Кируна (Швеция); Урал, Средняя Азия, Забайкалье,

Кривой Рог, Курск и др. (СССР); Шварценберг, Брейтенбрунн, Шмальцгрубе, Мариен-берг, Берггисхюбель в Рудных горах (ГДР); оз. Верхнее (США); п-ов Лабрадор (Канада); Минас-Жерайс (Бразилия); Бушвелд (Южная Африка) и другие месторождения, расположенные в разных районах мира.

### 106. МАЛАХИТ



Греч, «малакос» — мягкий

*Химический состав.* Окись меди (CuO) 71,9%, (Cu 57,4%), двуокись углерода (CO<sub>2</sub>) 19,9%, вода (H<sub>2</sub>O) 8,2%.

*Цвет.* Изумрудно-зеленый, темно-зеленый, зеленовато-серый (фото б).

*Блеск.* Стекланный, шелковистый, матовый.

*Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Светло-зеленая. Твердость. 3,5—4, хрупкий.

*Плотность.* 3,9—4,1. *Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллов.* Коротко- и длиннопризматические, игольчатые.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,788 : 1 : 0,274; 0~98°.

*Спайность.* Проявляется редко, в этих случаях хорошая.

*Агрегаты.* Почковидные образования радиально-волокнистого строения, плотные, землистые массы.

*П. тр.* Плавится в окислительном пламени и дает королек меди. В стеклянной трубочке выделяет воду и чернеет.

*Поведение в кислотах.* В HCl легко растворяется (с вскипанием), при обильном добавлении аммиака раствор окрашивается в синий цвет. *Сопутствующие минералы.* Халькопирит, борнит, тетраэдрит, халькозин, куприт, самородная медь, азурит, гематит, лимонит, карбонаты и др.

*Сходные минералы.* Хризоколла, атакамит, фосфаты и арсенаты меди и др.

*Практическое значение.* Частично используется как важная медная руда, рисунчатый малахит — поделочный камень.

*Происхождение.* Выделения малахита характерны для зон окисления сульфидных месторождений меди, которые расположены в массивных (Известняках (гидротермальные импрегнации, т. е. зоны вкрапленных сульфидных руд в известняках). Малахит (часто вместе с азуритом) — типичный поисковый минерал при поиске первичных медных руд. Широко известны месторождения малахита близ Нижнего Тагила и под Свердловском на Урале. Малахит из этих месторождений идет на изготовление украшений и поделок. Большое впечатление производят облицованные малахитом колонны в Иса-акиевском соборе и малахитовый зал в Зимнем дворце в Ленинграде.

*Месторождения.* Цумб (Намибия); Заир (богатые руды); Родезия; шт. Аризона (США); Австралия; Тюрингенский краевой разлом (близ Заальфельда, Камсдорфа), Рудные горы и Гарц (ГДР); Зигерланд и близ Дилленбурга (ФРГ); Шеей близ Лиона (Франция); Корнуэлл (Англия) и др.

### 107. МАНГАНИТ



*Химический состав.* Окись марганца (MnO) 40,4%, двуокись марганца (MnO<sub>2</sub>) 49,4%, вода (H<sub>2</sub>O) 10,2%.

*Цвет.* Буровато-черный, черный. *Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Просвечивающий, в осколках просвечивает красным.

*Черта.* Темно-бурая.

*Твердость.* 4, хрупкий.

*Плотность.* 4,2—4,4.

*Излом.* Неровный.

*Сингония.* Моноклиная (морфологически — ромбическая).

*Форма кристаллов.* Столбчатые, вытянутые по оси с призматические грани часто сильно иштрихованы.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,8441 : 1 : 0,5448; 0 = 90°.

*Спайность.* Совершенная по (010), (ПО).

*Агрегаты.* Плотные, реже зернистые.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в HCl.

*Сопутствующие минералы.* Пирролюзит, барит, кальцит.

*Сходные минералы.* Антимонит, пирролюзит.

*Практическое значение.* Наряду с пирролюзитом и лси-ломеланом важная руда Mn для черной металлургии, получения ферромарганца; легирующий металл для получения марганцовистых сталей, зеркального чугуна и др.

*Происхождение.* Гидротермальные жилы в эффузивных породах, в осадочных месторождениях вместе с другими окислами марганца (псиломеланом, пирролюзитом).

*Месторождения.* Чиатура (Кавказ), Никополь (Украина) (СССР); в гидротермальных жилах (в виде крупных кристаллов), пересекающих порфиры близ Ильфельда (Гарц), под Эльгерсбургом и Эренштоком в Тюрингенском Лесу и в других местах (ГДР).

## 108. МАРКАЗИТ

FeS<sub>2</sub>

Название происходит от древнего арабского слова «маркашитса» — огненный камень (у алхимиков markasitae)

*Химический состав.* Железо (Fe) 46,6%, сера (S) 53,4%; аналог пирита.

*Цвет.* Шпейсово-желтый с зеленоватым оттенком, часто с побежалостью.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная.

*Твердость.* 6.

*Плотность.* 4,7—4,9.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые, короткостолбчатые, пирамидальные, игольчатые кристаллы; почковидные, плотные, радиально-лучистые желваки, сложные гребенчатые сростания (так называемый копьевидный, или гребенчатый, колчедан).

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — mmm.

*Отношение осей.* 0,762 : 1 : 1,218.

*Спайность.* Несовершенная по (101).

*Агрегаты.* Плотные.

*П. тр.* Становится трещиноватым и сплавляется в магнитный шарик; в закрытой стеклянной трубочке при нагревании образуется возгон серы. *Поведение в кислотах.* Растворяется. *Сопутствующие минералы.* Пирит, халькопирит. Марказит под воздействием кислорода воздуха переходит в бурый железняк с выделением сернистой и серной кислот, разлагающих окружающие минералы. *Сходные минералы.* Пирит, халькопирит. *Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение и местонахождения.* Образуется главным образом при низких температурах. В природе встречается значительно реже, чем пирит. В виде желваков присутствует в углях, часто в бурых углях и в известняках. В отложениях мела в северной Франции встречаются радиально-лучистые конкреции марказита с бурой корочкой окисления, сложенной лимонитом. Нередко конкреции марказита принимались ошибочно за метеориты.

## 109. МЕДЬ (САМОРОДНАЯ)

Cu

*Химический состав.* Самородная медь обычно «е содержит примесей или содержит незначительные примеси серебра, висмута, железа, иногда до 2—3% золота (в виде твердого раствора; золотистая медь). *Цвет.* Медно-красный, часто с коричневой побежалостью.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачна.

*Черта.* Блестящая медно-красная.

*Твердость.* 3.

*Плотность.* 8,5—9.

*Излом.* Крючковатый, минерал ковкий.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллических выделений.* Чаще всего сплошные массы, дендриты, нитевидные, моховидные, проволоочные агрегаты (фото 15).

*Кристаллическая структура.* Гранецентрированная кубическая решетка (табл. 1).

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический —  $m\bar{3}m$ .

*Спайность.* Отсутствует.

*П. тр.* Легко плавится и чернеет.

*Поведение в кислотах.* Легко растворяется, при добавлении аммиака раствор окрашивается в глубокий синий цвет.

*Сопутствующие минералы.* Куприт, малахит, азурит, самородное серебро, лимонит, кальцит, кварц и др.

*Практическое значение.* Иногда (в случае значительных скоплений) руда меди.

*Происхождение.* Самородная медь редко является первичным минералом; гораздо чаще она имеет вторичное происхождение и образуется в восстановительных условиях и в гидротермальных месторождениях. Основная масса самородной меди в природе возникает на границе зоны окисления и зоны цементации, где окислению подвергаются вновь образованные обогащенные медью руды, например халькозин (медный блеск). В ГДР самородная медь встречается в меланофириновых покровах, порфириновых туфах, нижнепермских конгломератах и мелкозернистых туфах красного лежня близ Цвикау, в рудных жилах Фрейберга, Иоганнгеоргенштадта, Мариенберта, Шнеберга и в других местах Рудных гор. В медистых сланцах Мансфельда самородная медь присутствует в виде тончайших листочков и игольчатых выделений.

*Месторождения.* Самые крупные месторождения самородной меди расположены в США в районе оз. Верхнего. Медь образует пластинчатые и глыбообразные самородки в докембрийских конгломератах и выполняет газовые пузыри в докембрийских базальтах.

## 110. МЕЛИЛИТ



*Химический состав.* Мелилит с Везувия; двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 41,9%, глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 10,93%, окись железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 3,40%, окись магния ( $\text{MgO}$ ) 5,87%, окись кальция ( $\text{CaO}$ ) 34,78%, окись натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 3,40%, окись калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 0,68%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 0,24%.

*Цвет.* Желтовато-белый, желтый, бурый, серый, редко водяно-прозрачный.

*Блеск.* Стекланный до жирного.

*Черта.* Белая, серая.

*Твердость.* 5—5,5.

*Плотность.* 2,9—3.

*Сингония.* Тетрагональная.

*Класс симметрии.* Тетрагонально-скеленоэдрической — 42г.

*Отношение осей, c/a=0,648.*

*Агрегаты.* Зернистые.

*Спайность.* Хорошая.

*Сопутствующие минералы.* Перовскит, нефелин, оливин, лейцит, авгит.

*Сходные минералы.* Нефелин, геленит.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Образуется в базальтовых расплавах и в вулканических шлаках.

*Местонахождения.* В базальтах Зльбских Песчаниковых гор (ГДР, ЧССР); в лейцититах Везувия (Италия) и в других местах.

## 111. МИЛЛЕРИТ



Назван в честь известного английского минералога и кристаллографа Миллера (1801—1880) Синоним: волосистый (никелевый) колчедан

*Химический состав.* Никель (Ni) 64,7%, сера (S) 35,3%.

*Цвет.* Латунно-желтый с радужной побежалостью.

*Блеск.* Сильный металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная (зеленовато-черная).

*Твердость.* 3—4, хрупкий.

*Плотность.* 5,2—5,6.

*Излом.* Неровный.

*Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Игольчатые, волосовидные.

*Класс симметрии.* Дитригонально-пирамидальный — 3m.

*Отношение осей, c/a=0,328.*

*Спайность.* Совершенная по граням пирамиды (1010) (0112).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые, радиально-лучистые.

*П. тр.* Легко плавится, образует магнитный шарик.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в HNO<sub>3</sub>, окрашивая раствор в зеленый цвет, характерный для солей никеля.

*Сопутствующие минералы.* Герсдорфит, галенит, флюорит, кальцит, кварц.

*Практическое значение.* Миллерит — один из богатых никелем минералов (сравнительно редкий); в качестве рудного минерала может иметь значение прежде всего там, где он встречается в ассоциации с другими кобальт-никелевыми минералами.

*Происхождение.* Типичный гидротермальный минерал.

*Месторождения.* Фрейберг, Шнеберг в саксонских Рудных горах, иногда в рудных скоплениях медистых сланцев, а также в сидеритовых жилах Зигена и в других месторождениях.

## 112. МИРАБИЛИТ

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O - .

Синоним: глауберова соль

Природный сульфат, обогащенный кристаллизационной водой

Лат. «мирабилис» — «удивительная соль Глаубера»

*Химический состав.* Окись «атрия (Na<sub>2</sub>O) 19,3%, сульфат (SO<sub>3</sub>) 24,8%, вода (H<sub>2</sub>O) 55,9%.

*Цвет.* Белый, бесцветный.

*Блеск.* Матовый.

*Прозрачность.* Прозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 1,5.

*Плотность.* 1,49.

*Сингония.* Моноклиная.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Форма кристаллических выделений,* Короткопризматические кристаллы, волокнистые, зернистые агрегаты.

*Отношение осей.* 1,109 : 1 : 1,239; ρ = 107°40'.

*Спайность.* Отсутствует.

*П. тр.* Сильная потеря кристаллизационной воды.

*Поведение в кислотах.* В отличие от соды при обработке кислотой двуокись углерода (CO<sub>2</sub>) не выделяет.

*Сопутствующие минералы.* Гипс, галит, сода.

*Сходные минералы.* Тенардит, глауберит.

*Практическое значение.* Используется для получения соды, в медицине, в производстве стекла и красок.

*Происхождение и типы месторождений.* Кристаллизуется из рапы соляных озер и в мелководных бассейнах.

*Месторождения.* Залив Кара-Богаз-Гол (СССР); Большое Соленое озеро (США); озера Мексики и Аргентины; альпийские залежи солей близ Ишгля и Халль-штадта (Австрия) и др.

## 113. МОЛИБДЕНИТ

MoS<sub>3</sub>

Греч, «молибдос» — свинец (минерал похож на свинец)

Синоним: молибденовый блеск

*Химический состав.* Молибден (Mo) 60%, сера (S) 40%.

*Цвет.* Свинцово-серый.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Серая, растертая черта приобретает луково-зеленый цвет (черта графита остается серой).

*Твердость.* 1—1,5.

*Плотность.* 4,7—5,0.

*Излом.* Минерал не ломкий, гибкий, но эластичный.

*Сингония.* Гексагональная.

*Форма кристаллических выделений.* Хорошо образованные кристаллы представлены гексагональными табличками; в большинстве случаев молибденит представлен листоватыми и чешуйчатыми агрегатами и сфероли-тами.

*Кристаллическая структура.* Типичная слоистая решетка. Плоские сетки кристаллической решетки, образованные ионами молибдена, располагаются между двумя слоями ионов серы, параллельно базальной плоскости (см. табл. 1).

*Класс симметрии.* Дигексагонально-бипирамидальный.

*Отношение осей, c/a = 3,899.*

*Спайность.* Совершенная по базису (0001).

*Агрегаты.* Плотные, тонкочешуйчатые.

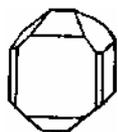
*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* С трудом разлагается в концентрированной серной кислоте при медленном кипячении. *Сопутствующие минералы.* Кварц, турмалин, касситерит, вольфрамит, флюорит, апатит и др. *Сходные минералы.* Графит.

*Практическое значение.* Из молибденитовых руд добывается молибден. 90% металла находит применение при изготовлении специальных молибденовых сталей; кроме того, молибден применяется в электротехнике, в производстве красок и в других отраслях промышленности.

*Происхождение.* Пегматитово-пневматолитовое и высокотемпературное гидротермальное. Генетически молибденит связан с кислыми изверженными породами или с мощными кварцевыми жилами.

*Месторождения.* Молибденовые руды мало распространены. Самое крупное месторождение расположено близ Клаймакса, шт. Колорадо (США); его доля в мировой продукции составляет 80%. Другие месторождения находятся на Кавказе, на Алтае, в Забайкалье (СССР); крупное месторождение Кнабен расположено в Норвегии. В ГДР известны только мелкие проявления. В Рудных горах молибденит встречается в оловянных и вольфрамовых месторождениях (Альтенберг, Цинн-вальд, меднорудные выработки Садисдорфа, Чортау, Эренфридерсдорф, Гейер, Буркхардсгрюн, Эйбеншток и др.). В медистых сланцах Мансфельда, в рудных скоплениях в небольших количествах присутствует молибденит. Годовая добыча составляет около 100 т. В ФРГ разрабатывается месторождение Ауэрбах. Во многих гранитных массивах мира отмечаются выделения молибденита.



## 114. МОНАЦИТ

$\text{Ce}[\text{PO}_4]$

Греч. «моназо» — быть одиноком [Минерал обычно встречается в виде отдельных зерен, вкрапленных в породу. — *Прим. перев.*] Редкий, но важный минерал церия, лантана, циркония и тория

*Химический состав.* Изменчивый; приблизительный состав: окись церия ( $\text{Ce}[\text{A}]\text{J}$ ) 26—31%, сумма окислов лантана ( $\text{La}_2\text{O}_3$ ), неодима ( $\text{Nd}_2\text{O}_3$ ), празеодима ( $\text{Pr}_2\text{O}_3$ ) 21-30%, окись иттрия ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) 0,5—3,5%, окись тория ( $\text{ThO}_2$ ) 1—28%, пятиокись фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 22—31%, окись циркония ( $\text{ZrO}_2$ ) до 7%, двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) до 6%, общее содержание цериевых земель (в окисной форме) 50—68%.

*Цвет.* Светло-желтый, темно-коричневый, красный, реже зеленый.

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Непрозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5—5,5.

*Плотность.* 4,8—5,5.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллов.* Толстотаблитчатые, реже призматические мелкие кристаллы, вкрапленные в породу (гранит, сиенит, диорит, гнейс); иногда монацит образует крупные, весом до нескольких килограммов кристаллы в пегматитах.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,965 : 1 : 0,919;  $p = 104^\circ 24'$ .

*Спайность.* Иногда совершенная по (001), (100).

*Агрегаты.* Образует отдельные зерна.

*П. тр.* Почти не плавится.

*Поведение в кислотах.* С трудом растворяется в HCl.

*Сопутствующие минералы.* 1) В пегматитах: циркон, ортит, силлиманит; 2) в минерализованных трещинах (альпийских жилах); адуляр, альбит, горный хрусталь, анатаз, ильменит; 3) в россыпях (в рыхлых песках) монацит ассоциирует с гранатом, цирконом, ксенотимом, ильменитом, магнетитом, торитом, золотом, алмазам.

*Сходные минералы.* Ортит, торит.

*Практическое значение.* Из монацита получают редкие земли и торий.

*Происхождение.* См. рубрику «Сопутствующие минералы».

*Месторождения.* Большинство россыпи тяжелых минералов. Наиболее известные: шт. Минас-Жерайс (Бразилия); Траванкор (Индия); западное побережье Шри Ланка; пегматиты Норвегии; Мадагаскар и др.

## 115. МОНТМОРИЛЛОНИТ



Назван по месторождению Монтморилльон во Франции. Синонимы: бентонит, болкус, отбеливающая глина, фуллерова земля, нальчикит

*Химический состав.* Непостоянный; в значительной мере зависит от переменного содержания воды. Приблизительный состав: окись «магния» (MgO) 4—9%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 11—22%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 5% и больше, вода (H<sub>2</sub>O) 12—24%; кроме того, в минерале присутствует окись калия (K<sub>2</sub>O), окись натрия (Na<sub>2</sub>O) и окись кальция (CaO) (до 3,5%).

*Цвет.* Белый, серовато-белый, голубоватый, розовый, красновато-розовый, зеленоватый.

*Блеск.* Матовый.

*Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 1—2.

*Плотность.* 1,2—2,7. *Излом.* Землистый, минерал рыхлый.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Тонкие листочки.

*Кристаллическая структура.* Слоистая решетка.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* ~0,6 : 1 : ~1,7;  $p \sim 90^\circ$ .

*Спайность.* Хорошая по базису (001).

*Агрегаты.* Плотные, сплошные тонкочешуйчатые массы.

*Сопутствующие минералы.* Глинистые минералы.

*Сходные минералы.* Каолинит.

*Практическое значение.* В первую очередь применяется в нефтяной промышленности для очистки нефти, в текстильной промышленности для удаления жиров и масел, а также в мыловаренной, косметической и фармацевтической промышленности.

*Происхождение.* Образуется при выветривании магнезиальных изверженных пород основного состава (габбро, базальтов, базальтовых туфов и др.).

*Месторождения.* Кавказ, (Крым, Украина (СССР); так называемая фуллерова земля в шт. Флорида, Джорджия, Алабама, Калифорния (США); Токай (Венгрия); в трещинах и зонах выветривания базальтов (ГДР).

К группе монтмориллонита относятся *бейделлит* (по месторождению Бейдел в шт. Колорадо, США), Al<sub>2</sub>[AlSi<sub>3</sub>O<sub>9</sub>OH][OH]<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O, *нонтронит* (по месторождению Нонтрон во Франции, синоним — хлоропал), (Fe, Al)<sub>2</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>][OH]<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O.

## 116. МУСКОВИТ



Итал. «муска» — Москва; крупные листы мусковита, вывозившиеся из «Московии», назывались московским стеклом.

*Химический состав.* Окись калия (K<sub>2</sub>O) 11,8%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 38,5%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 45,2%, вода (H<sub>2</sub>O) 4,5%; зеленый хромоодержащий мусковит с примесью окиси трехвалентного хрома (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) называется *фукситом* (хромовым мусковитом), плотный чешуйчатый агрегат носит название *серпичита*.

*Цвет.* Серый, белый, бесцветный, светло-желтый, светло-коричневый.

*Блеск.* Стекланный, на плоскостях стайности перламутровый, плотные чешуйчатые массы отливают шелковистым блеском.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 2—3, эластичный.

*Плотность* 2,76—3,10.

*Излом.* Минерал гибкий, расщепляется на листочки.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые, пластинчатые, короткостолбчатые псевдогексагональные.

*Структура.* Слоистая решетка.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,574 : 1 : 2,221;  $\rho = 95^\circ 30'$ .

*Спайность.* Совершенная по базису (001).

*Агрегаты.* Сплошные, плотные чешуйчатые массы, скопления сферолитов.

*П. тр.* Плавится с трудом; при этом образуется серый или желтый стекланный перл.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется, при температуре выше 850 °С происходит потеря воды.  
*Сопутствующие минералы.* Кварц, ортоклаз, олигоклаз, гранат (альмандин), ставролит, дистен, хлоронтоид, турмалин и др.

*Сходные минералы.* Парагонит (натриево-алюминиевая слюда, или натриевый мусковит), флогопит, биотит, тальк, марьино стекло (прозрачный шпатоподобный гипс).

*Практическое значение.* Крупнокристаллические слюды (мусковит, флогопит) применяются как высококачественный электроизоляционный материал; мелкочешуйчатый мусковит используют при изготовлении огнеупорных строительных материалов, в качестве теплоизоляции в паровых котлах; мусковит находит применение при изготовлении обоев, бумаги (как средство для лощения), автопокрышек и пр.

*Происхождение.* Мусковит — распространенный, химически устойчивый минерал. Он образуется главным образом при кристаллизации остаточного гранитного расплава, дающего мусковитовые пегматиты, в которых размер пластин слюды иногда достигает 1 м. *Месторождения.* Урал, Восточная Сибирь (СССР); Бен-галия, шт. Мадрас (Индия); шт. Северная Каролина (США); Канада; Бразилия; Восточная Африка; Австралия; Норвегия и другие месторождения. Мусковит является порообразующим минералом слюдистых сланцев, мусковитовых гнейсов, слюдистых кварцитов, в которых он представлен грубочешуйчатыми или мелкотаблитчатыми образованиями. В ГДР мусковит широко распространен в Рудных горах (горы Фихтель), в саксонских Гранулитовых горах (сланцевый чехол), в местности между Хоэнштейн-Эрнстталем и Карл-Маркс-Штадтом (Лангенбергские высоты), по западному краю Тюрин-генского Леса близ Рулы, между Ризой и Мейсеном, Носеаном, Зибенленом и в других местах. Здесь мелкочешуйчатый мусковит (серицит) приурочен к филлитам. Мусковит (так же, как биотит) широко распространен во всех кристаллических породах. Его хорошая спайность и эластичность обуславливают характерную структуру слюдистых кристаллических сланцев, слагающих покровы и складчатые структуры ряда горных массивов. Мусковит и биотит широко распространены в рыхлых отложениях, в литифицированных осадочных породах (песчаниках, граувакках, аркозах, глинистых сланцах) и в породах других типов.

## 117. МЫШЬЯК

As

Самородный мышьяк образует скорлуповатые выделения (Kobolde), которые горняки иногда путали с серебряной рудой

*Химический состав.* Мышьяк 84—98%; примеси сурьмы (до 9,2%), изредка серебра, железа, никеля, висмута, ванадия.

*Цвет.* На свежем изломе оловянно-белый, довольно быстро становится желто-бурым, а затем черным.

*Блеск.* Сильный металлический. *Прозрачность.* Непрозрачный. *Черта.* Темно-серая, черная,

*Твердость.* 3,5—4. *Плотность.* 5,7—5,8.

*Излом.* Зернистый.

*Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллических выделений.* Большею частью тоЕокристаллические выделения: почковидные, пластинчатые, скорлуповатые, мелкозернистые, плотные. *Класс симметрии.* Дитригонально-скеленоэдричеокый — 3m.

*Отношение осей, c/a* =1,4025. *Спайность.* Ясная по базису (0001). *Агрегаты.* Коротки с почковидной поверхностью, скорлуповатые образования.

*Я. тр.* Улетучивается, не плавясь, издавая чесночный запах и образуя на угле белый налет окиси мышьяка (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). В закрытой стеклнной трубочке при нагревании образуется мышьяковое зеркало. *Сопутствующие*

минералы. Руды серебра и кобальта: прустит, дискразит, свинцовый блеск, скуттерудит, хло-антит; сурьма, барит, флюорит, сидерит, анкерит, доломит, кальцит.

*Сходные минералы.* Отсутствуют. *Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Мышьяк приурочен к гидротермальным рудным месторождениям. Распространен (хотя встречается редко) в жильных месторождениях Рудных гор. *Месторождения.* Фрейберг, Шнеберг, Аннаберг, Мари-енберг, Иоганнгеоргенштадт (ГДР); Сан-кт-Андреас-берг, в Гарце, Виттихен в Шварцвальде (ФРГ); Приш-брам (ЧССР).

## 118. НАТРОЛИТ



Греч, «натрон» — сода, «литое» — камень (букв, содовый камень) Минерал относится к группе цеолитов



*Химический состав.* Окись натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 16,5%, окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 26,8%, двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 47,4%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 9,5%.

*Цвет.* Белый, желтоватый, красноватый, охряно-желтый, кирпично - красныи.

*Блеск.* Стекланный, перламутровый, шелковистый.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5—5,5, хрупкий.

*Плотность.* 2,2—2,5.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Столбчатые, призматические, часты двойники.

*Кристаллическая структура.* Сложная.

*Класс симметрии.* Ромбо-пирамидальный —  $\text{mm}2$ .

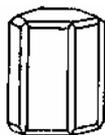
*Отношение осей.* 0,981 : 1 : 0,353.

*Спайность.* Совершенная по граням главной призмы (110).

*Агрегаты.* Лучистые, тонковолокнистые, землистые. *П. тр.* Легко сплавляется в прозрачное стекло; в закрытой стеклянной трубочке уже при  $300^\circ$  полностью теряет кристаллизационную воду. *Поведение в кислотах.* Растворяется в  $\text{HCl}$ . *Сопутствующие минералы.* Кальцит, шабазит. *Сходные минералы.* Вавеллит, арагонит. *Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Натролит образуется преимущественно в гидротермальных условиях, и прежде всего в пустотах базальтов, а также в нефелин-сиенитовых пегматитах.

*Местонахождения.* Штольпен, Рёнские базальты, в дорожных выемках близ Эйзенаха, в фонолитовых породах Циттау и его окрестностей, в долине Хаммерунтер-визена (Рудные горы) (ГДР); в Мариенберге близ Усти, в так называемых мариенберштах — натролитовых фонолитах, в которых натролит является породообразующим минералом, и в других местах (ЧССР); в фо-нолитах близ Хоэнтвиля (ФРГ) и в других вулканических регионах; в целом натролит встречается во всех областях развития вулканических пород.



## 119. НЕФЕЛИН I



Греч, «нефеле» — облако Синоним: элеолит (масляный камень)

*Химический состав.* Окись натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) около 13— 16%, окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 32—33%, двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 43,5—45%; кроме того, окись калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 5,5—6,5%, окись кальция ( $\text{CaO}$ ) 0,5—1,8%. *Цвет.*

Белый, водяно-прозрачный, светло-серый, желтоватый, зеленоватый, буроватый.

*Блеск.* Стекланный, жирный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5,5—6, хрупкий.

*Плотность.* 2,6—2,65.

*Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Гексагональная.

*Форма кристаллов.* Призматические, короткоотолбчатые, толстотаблитчатые.

*Кристаллическая структура.* Силикат с бесконечным трехмерным каркасом  $(\text{SiAl})\text{O}_4$ .

*Класс симметрии.* Гексагонально-пирамидальный — 6.

*Отношение осей.*  $c/a=0,840$ .

*Спайность.* Хорошая по (1010), (0001)[Обычно у нефелина спайность отсутствует или несовершенная по (0001). — *Прим. перед.*].

*Агрегаты.* Плотные, сливные.

*П. тр.* Плавится легко.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в  $\text{HCl}$ . *Сопутствующие минералы.* Полевые шпаты (плагиоклаз, санидин, калиевый полевой шпат), лейцит, арфведсонит, авгит, апатит и др. Никогда не встречается вместе с кварцем!

*Сходные минералы.* Полевые шпаты, кордиерит, кварц, апатит, скаполит.

*Практическое значение.* Частично используется в качестве руды Al и как сырье для получения соды.

*Происхождение.* Нефелин (фельдшпатоид) — важный породообразующий минерал изверженных пород, бедных кремнеземом (нефелиновых сиенитов, хибшштов, нефелиновых базальтов, долеритов, нефелиновых фонолитов).

*Месторождения.* Широко распространенный минерал. Породы, богатые нефелином и редкими землями, известны на Южном Урале (Ильменские горы), на Кольском пгове в Хибинах, где нефелин встречается вместе с апатитом (СССР); в Лёбау (нефелиновые долериты горы Лёбау), в нефелиновых базальтах Рудных гор, в горах Цитгау, по юго-западной окраине Тюрингенского Леса, в восточных отрогах Рёна (ГДР).

## 120. НИКЕЛИН

NiAs

Никель — бранное слово саксонских горняков в средние века (троль, гном)

Синонимы: красный никелевый колчедан, никколит

*Химический состав.* Никель (Ni) 43,9%, мышьяк (As)

66,1%, примеси: железо (Fe) до 2,7%, сера (S) до 5%.

*Цвет.* Светлый медно-красный, с бурой побежалостью.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Темно-бурая, черная с сильным металлическим блеском.

*Твердость.* 5—5,5, хрупкий.

*Плотность.* 7,3—7,7.

*Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Гексагональная.

*Форма кристаллических выделений.* Кристаллы очень редки, обычно минерал представлен плотными массами, иногда гроздьевидными и почковидными выделениями, дендритами.

*Кристаллическая структура.* Простая гексагональная решетка с плотнейшей атомной упаковкой.

*Класс симметрии.* Дигексагонально-бипирамидальный —  $6/mmm$ .

*Отношение осей,*  $c/a=1,427$ .

*Спайность.* Отчетливая по базису и по призме.

*Агрегаты.* Плотные.

*Я. тр.* Плавится на угле с образованием блестящего королька, в закрытой стеклянной трубочке образуется мышьяковое зеркало.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в НМОз (яблочно-зеленый раствор); реакция на никель с диметилглиокси-мом дает розовый осадок.

*Сопутствующие минералы.* Самородный висмут, самородное серебро, самородный мышьяк, халькопирит, смальтин, прустит, галенит, барит, флюорит, карбонаты.

*Сходные минералы.* Самородный висмут, пирротин. *Практическое значение.* Руда никеля. *Происхождение.* Гидротермальное в жильных месторождениях; распространен в висмут-кобальт-никель-серебро-урановой

формации и в других близких парагенезисах.

*Месторождения.* Шнеберг (Рудные горы), в рудных скоплениях в медистых сланцах (Мансфельд, Эйсleben, Зангерхаузен) (ГДР); месторождение Кобальт, Онтарио (Канада); золоторудное месторождение Бериколь в Западной Сибири (СССР).

## 121. НОЗЕАН



Назван в честь горного советника Ноза, впервые описавшего этот минерал

*Химический состав.* Окись натрия ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) около 22,5%, глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 29%, двуокись кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ) 26,5%, окись серы ( $\text{SO}_3$ ) 8,5%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 1,5% (ср. с содалитом).

*Цвет.* Серый, желтоватый, зеленоватый, синий.

*Блеск.* Стеклообразный, жирный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5,5.

*Плотность.* 2,28—2,40.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Ромбододекаэдры.

*Класс симметрии.* Гексаэдраэдрический —  $m\bar{3}m$ .

*Спайность.* Ясная по (100).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые.

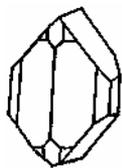
*П. тр.* Плавится.

*Сопутствующие минералы.* Санидин, щелочная роговая обманка, гаюин.

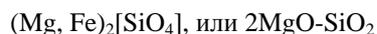
*Сходные минералы.* Содалит, гаюин, лазурит.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Присутствует почти исключительно в эффузивных породах, бедных кремнекислотой (нозеан относится к фельдшпатоидам); вкрапленники нозеана характерны для фонолитов, нефелин-лейцитовых базальтов, санидинитов (например, выбросы вблизи Лаахер-ского озера, Монте-Соммы) и т. д.



## 122. ОЛИВИН



Назван по оливково-зеленому цвету Оливин относится к породообразующим минералам. Минерал перидотитов, габбро и некоторых базальтов. Синонимы: перидот, хризолит

*Химический состав.* Оливин имеет простой химический состав: он представляет собой смешанные кристаллы молекул окиси магния ( $\text{MgO}$ ), закиси железа ( $\text{FeO}$ ) и двуокиси кремния ( $\text{SiO}_2$ ). Состав оливина колеблется в следующих пределах:  $\text{MgO}$  50—45%,  $\text{FeO}$  8—12%,  $\text{SiO}_2$  34—41%; примеси: окись никеля ( $\text{NiO}$ ) 0—0,5%, окись кобальта ( $\text{CoO}$ ) 0,01—0,05%. К минералам группы оливина относятся *форстерит* (чистый магnezийный оливин),  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ , и *фаялит* (чистый железистый оливин),  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ . Собственно оливин,  $2(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ , представляет собой смешанные кристаллы, состоящие из обеих молекулярных групп.

*Цвет.* Бутыльно-зеленый, желтый, коричневый, серый.

*Блеск.* Стеклообразный, на изломе жирный.

*Прозрачность.* Просвечивает зеленым.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6,5—7.

*Плотность.* 3,3—4,2.

*Излом.* Раковистый. *Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллических выделений.* Обычно плотные массы, кристаллы редки, как правило, с хорошо выраженной бипирамидой.

*Кристаллическая структура.* Островной силикат.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *ттт*. Отношение осей. 1,267 : 1 : 2,155.

*Спайность.* Хорошая по (010) и (100).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые, сливные.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* В HCl оливин почти не растворяется даже в порошке, но в концентрированной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> происходит быстрое -разложение, причем SiO<sub>2</sub> выпадает в студенистый осадок.

*Сопутствующие минералы.* Пироксены, Лабрадор, лейцит, ильменит, пентландит. *Сходные минералы.* Диопсид.

*Практическое значение.* Иногда прозрачные кристаллы оливина используются в качестве ювелирных камней (перидот, хризолит). Непрозрачные разновидности применяются как огнеупорный материал.

*Происхождение и месторождения.* Оливин кристаллизуется из ультраосновной или основной магмы и является характерным минералом пород перидотитовой группы: дун-итога (около 90% оливина, 10% ортопироксена), гарцбургитов (саксонитов) (около 80% оливина, 20% орто пироксена), лерцолитов (около 80—70% оливина, остальные минералы — орто- и клинопироксены). В этих породах может присутствовать также железистый оливин — фаялит (назван по о. Ф-аяль из группы Азорских о-вов); породы с сильно железистым форстеритом называются гортонолитами. Магнезиальный оливин— форстерит встречается в вулканических пеплах, образуется он также в процессе контактового метаморфизма доломитов. Широко распространен оливин в габбро (оливиновое габбро, оливиновый норит), иногда встречается в базальтах (в полевошпатовых базальтах) в виде отдельных зерен и реже в виде желваков.

*Месторождения.* Массив Рён, Малый Тюрингенский Лес (ГДР); в области развитая базальтов на р. Лан и по Рейну — Зибенгебирге, Эйфель и в других местах (ФРГ). Следует упомянуть о замещении оливина минералами группы серпентина (хризотилом и антигоритом) и о превращении массивных оливиновых пород (перидотитов) в землистые железные руды с примесью никеля, хрома, кобальта; такие руды легко обогащаются. Для дунитов характерны минералы хрома и платины, в то время как гортонолиты обогащены главным образом самородной платиной и минералами платины (сперри-лит).

### 123. ОЛИГОКЛАЗ

Греч, «олигос» — маленький, «клазис» — излом (считалось, что олигоклаз отличается менее совершенной спайностью, чем альбит) Минерал группы полевых шпатов

*Химический состав.* См. диаграмму на рис. 23.

*Цвет.* Зеленоватый, красновато-белый, бесцветный.

*Блеск.* Стеклообразный, жирный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий, мутный, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6, хрупкий.

*Плотность.* 2,66.

*Излом.* Неровный, раковистый.

*Сингония.* Триклинная.

*Форма кристаллов.* Столбчатые, толстотаблитчатые, распространены полисинтетические двойники.

*Кристаллическая структура.* Силикат с бесконечным трехмерным каркасом (SiAl)O<sub>4</sub>.

*Класс симметрии.* Триклинно-пинакоидальный — *1*.

*Отношение осей.* 0,636:1:0,556;  $\alpha = 93^\circ 49'$   $\beta = 116^\circ 27'$ ,  $\gamma = 88^\circ 59'$ .

*Спайность.* Весьма совершенная по базису (P), хорошая по концевой грани пинакоида (M) и призме (T) (см. полевые шпаты).

*Агрегаты.* Зернистые, плотные.

*П. тр.* Плавится с трудом.

*Поведение в кислотах.* Растворяется с трудом.

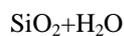
*Сопутствующие минералы.* Калиевый полевой шпат, биотит, кварц.

*Сходные минералы.* Полевые шпаты.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение и местонахождения.* Олигоклаз — прежде всего породообразующий минерал гранитов, порфи-ров, сиенитов, трахитов, диоритов, андезитов и гнейсов. Распространен весьма широко.

### 124. ОПАЛ



Твердый гидрогель

*Химический состав.* Весьма непостоянный. Содержание воды колеблется от 1 до 21%, изредка выше.

Различают следующие разновидности: *драгоценный* (благородный) *опал*, отличающийся опалесценцией и игрой цветов; *гидроопал*—сильно пористый, в воде прозрачный; *гиалит* (стеклянный опал), образующий сталактиты или шаровидные выделения.

*Цвет.* Бесцветный, белый, желтый, красный, коричневый, синий.

*Блеск.* Жирный, перламутровый, восковой. Сильные внутренние рефлексy, опалесценция.

*Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5,5—6,5, хрупкий.

*Плотность.* 1,9—2,5.

*Излом.* Раковистый, неровный; минерал аморфный, не кристаллический.

*Сингония.* Аморфный (не образует кристаллов).

*Форма выделений.* Почковидные выделения, желваки.

*П. тр.* Не плавится.

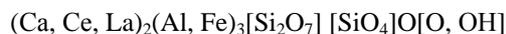
*Поведение в кислотах.* Растворяется в плавиковой кислоте.

*Сопутствующие минералы.* Лимонит, халцедон, минералы группы серпентина и др.

*Практическое значение.* Некоторые опалы относятся к разряду поделочных камней.

*Происхождение и месторождения.* Опал образуется при разложении силикатов, когда под действием водных растворов высвобождается кремнекислота. Из нее образуются различными путями кремнекислые гели, которые при потере воды превращаются в опал. Мощная опализация пород наблюдается в вулканических областях, богатых горячими источниками и гейзерами, а также в зонах выветривания преимущественно перидотитовых массивов. Драгоценные опалы встречаются в пустотах андезитовых, трахитовых и риолитовых лав (Мексика), в песчаниках, конгломератах и глинах Нового Южного Уэльса и Квинсленда (Австралия), в серпентинитах близ Зёбница в Рудных горах и близ Хоэнштейн-Эрнстгала (ГДР); опализованные лавы описаны в горах Брюкк (Венгрия) и в других местах. *Пламенный опал* имеет огненно-красную, красновато-коричневую или желтую окраску, *празопал* окрашен солями никеля в яблочно-зеленый цвет, *яшмовый опал* — непрозрачный красный или красно-коричневый опал, окрашенный соединениями железа. Роговики и кремни могут состоять из опала, частично перешедшего в халцедон; кремнистый туф (гейзерит) представляет собой опал, отложившийся из вод гейзеров.

## 125. ОРТИТ



Греч, «ортос» — прямой; минерал назван по форме кристаллов и форме трещин, расположенных в кристаллах под прямым углом

Синоним: алланит (в честь шотландского минералога Т. Аллана)

*Химический состав.* Сильно изменчивый. Окись кальция (CaO) —7—12%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 13—19%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 3—8%, окись церия (Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 3—10%, окись лантана (La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 4—8%, окись иттрия (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0,8—4%, окись тория (ThO<sub>2</sub>) 0,3—2,5%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 30—33%, вода (H<sub>2</sub>O) 2—10%.

*Цвет.* Смоляно-черный, бурый.

*Блеск.* Полуметаллический, стеклянный, смолистый.

*Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Коричневая, зеленовато-серая.

*Твердость.* 6.

*Плотность.* 4,1 (до 2,7 у измененных, разложенных разновидностей).

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Толстотаблитчатые, часто встречается в виде зерен в гранитах, сиенитах, известково-силикатных сланцах.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 1,562 : 1 : 1,779;  $\rho=115^\circ 00'$ .

*Спайность.* Несовершенная.

*Агрегаты.* Плотные массы, зерна (в породе).

*П. тр.* Легко сплавляется в бурое пузырчатое стекло.

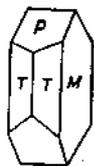
*Поведение в кислотах.* Растворяется в соляной кислоте. *Сопутствующие минералы.* Полевой шпат, кварц и др.

*Сходные минералы.* Гадолинит.

*Практическое значение.* Радиоактивный минерал, важная руда редких земель, особенно церия.

*Происхождение и месторождения.* Контактново-метасоматический в скарпах и известково-силикатных породах; аксессуарный минерал кислых изверженных пород и пегматитов. В ГДР встречается, например, в

сиенитах долины Плауэн под Дрезденом, в долине Трибиш под Мейсеном, в магнетитовых скарпах близ Шварценберга (Брейтенбрунн) и в других местах в Рудных горах, в частности в гранитных жилах Росвейна и Бёригена (округ Карл-Маркс-Штадт); Урал (СССР); Норвегия; Швеция; США.



## 126. ОРТОКЛАЗ

$K[AlSi_3O_8]$ , или  $K_2O-Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

Греч, «ортос» — прямой; для минерала характерен прямой угол между плоскостями спайности (см. полевые шпаты). К группе ортоклаза относятся санидин, натровый санидин, ортоклаз, натровый ортоклаз, микроклин, анортоклаз, адуляра

*Химический состав.* Окись калия ( $K_2O$ ) 16,9%, окись алюминия ( $Al_2O_3$ ) 18,4%, двуокись кремния ( $SiO_2$ ) 64,7%, часто присутствует несколько процентов окиси натрия ( $Na_2O$ ); если количество Na превышает количество K, минерал называется натровым ортоклазом, или анортоклазом.

*Цвет.* Светло-розовый, красноватый (цвета мяса), красновато-белый, коричнево-желтый, белый, серый, бесцветный (фото 21, 29,б).

*Блеск.* Стекланный, перламутровый.

*Прозрачность.* Прозрачный, мутный, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6, хрупкий.

*Плотность.* 2,54—2,57.

*Излом.* Раковистый, неровный, занозистый.

*Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллов.* Призматические, столбчатые, таблитчатые, часты двойники срастания по боковой грани *M* — так называемые карлсбадские двойники (см. табл. 3).

*Кристаллическая структура.* Силикат с бесконечным трехмерным каркасом  $(Si, Al)O_4$ .

*Класс симметрии.* Призматический —  $2/m$ .

*Отношение осей.*  $0,659 : 1 : 0,553$ ,  $\rho=116^\circ 01'$ .

*Спайность.* Очень хорошая по базису (*P*) (001), отчетливая по концевой грани (*M*) (010) и по призме (*T*) (10) (см. полевые шпаты).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые, шпатоподобные.

*П. тр.* Сплавляется с трудом.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в азотной кислоте.

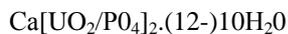
*Сопутствующие минералы.* Кварц, мусковит, биотит, хлорит, агат, олигоклаз, турмалин и др.

*Сходные минералы.* Плаггиоклаз, альбит. *Практическое значение.* В чистом виде является сырьем для производства стекла и керамики. *Происхождение.* 1) Один<sup>1</sup> из главных породообразующих минералов гранитов, гранит-порфиров, кварцевых пор-фириков, сиенитов, гнейсов; 2) грубозернистые массы, сростки крупных кристаллов и шпатообразные крупнокристаллические агрегаты, слагающие мощные жилы в гранитах и во вмещающих их породах. В пегматитах полевошпатовые выделения часто сопровождаются оторочкой слюды или турмалина; 3) ортоклаз гидротер\*-мального происхождения выполняет трещины в породе (альпийские жилы); в этих условиях образуются вода-но-прозрачные кристаллы ортоклаза — адуляра (назван по месту находки массиву Адула, Швейцария), ассоциирующие с хлоритом, альбитом, горным хрусталем и другими минералами.

*Месторождения.* Ортоклаз .распространен повсеместно. В ГДР он .встречается в гранитах Рудных гор, в гранитном массиве Лауниц, в пегматитах, секущих граниты Тюрингенского Леса и массива Броккен. Особенно широко распространены пегматиты в саксонских Гранули-товых горах: Америка близ Пенига, в долине р. Хемниц между Бургштедтом и Люнценау, между Ф.ранкенбергом (и Вальдгеймом в крутых обрывах р. Цшопау, на р. Штригис между Франкенбергом и Росвейном, в Мульде между Зибенленом и Дебел ьном; богаты пегматита-ми граниты гор Фихтель Баварского Леса, где расположено, в частности, пегматитовое месторождение Ха-гендорф (близ Регенсбурга). Большим развитием пользуются пегматиты в Шварцвальде (ФРГ) и в других местах. Они распространены повсеместно ,и приурочены к массивам гранитов и гнейсов.



## 127. ОТЕНИТ



Назван, по городу Отен, Франция. Синонимы: отунит, аутунит

*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 6,1%, трех-окись урана (UO<sub>3</sub>) 62,7%, пятиокись фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 15,5%, вода (H<sub>2</sub>O) 15,7%. В отените присутствуют также актиний и полоний (ср. торбернит). Минерал сильно радиоактивен.

*Цвет.* Зеленовато-желтый, лимонно-желтый, серо-желтый.

*Блеск.* Стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Серо-желтая.

*Твердость.* 2—2,5, хрупкий.

*Плотность.* 3,05—3,19.

*Сингония.* Тетрагональная.

*Форма кристаллических выделений.* Тонкопластинчатые кристаллы, слюдоподобные массы.

*Класс симметрии.* Дитетрагонально-бипирамидальный — 4/mmm.

*Отношение осей.*  $c/a=2,953$ .

*Спайность.* Совершенная по базису перпендикулярно оси  $c$  (001).

*Агрегаты.* Чешуйчатые, почти всегда в сростании с торбернитом.

*П. тр.* Плавится при сильном дутье в черный шарик. В закрытой стеклянной трубочке интенсивно выделяет кристаллизационную воду.

*Поведение в кислотах.* Растворим в HCl, раствор окрашивается в зеленый цвет. *Сопутствующие минералы.* Торбернит, урановая охра, кварц.

*Сходные минералы.* Осветленный отенит похож на аурипигмент.

*Практическое значение.* Урановая руда. *Происхождение.* Встречается в зонах окисления урановых месторождений и часто в трещинах в гранитах и гранитных пегматитах.

*Месторождения.* В гранитах Кирхберг, Шварценберг, на урановых месторождениях Шнеберг, Ауэ, Иоганнгеор-генштадт и в других районах саксонских Рудных гор (ГДР); департамент Сона и Луара (Франция); Редрут в Корнуэлле (Англия); в пегматитах Мадагаскара и др.

## 128. ПЕННИН



Назван по месту находки в Пеннинских Альпах. Разновидность хлорита (см. хлориты).

*Химический состав.* Непостоянный; окись магния (MgO) 17—34,9%, закись железа (FeO) 0,7—17,4%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0—5,7%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 13,8—21,3%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 29,8—33,77%, вода (H<sub>2</sub>O) 11,5—14,6%; вместо глинозема может присутствовать окись хрома (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), такая разновидность минерала называется *кеммереритом* (по фамилии русского горного инженера Кеммерера).

*Цвет.* Луково-зеленый, бутылочно-зеленый, зеленовато-черный (кеммерерит — розовый, фиолетовый).

*Блеск.* Стеклянный, перламутровый.

*Прозрачность.* Прозрачный.

*Черта.* Зеленовато-белая.

*Твердость.* 2—2,5.

*Плотность.* 2,5—2,6.

*Излом.* Листочки минерала гибкие, «о не эластичные».

*Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллов.* Пластинчатые, таблитчатые, боченковидные, часто едвойникованные.

*Кристаллическая структура.* Слоистая решетка.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* —0,57 : 1 : —3,09;  $\rho = 96^\circ 50'$ .

*Спайность.* Хорошая по базису (001).

*Агрегаты.* Чешуйчатые; друзы мелких боченковидных кристаллов.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* В H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> большей частью растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Прохлорит, гранат, диопсид, циркон, магнезит, доломит, магнетит, минералы

группы серпентина, адуляр, альбит, горный хрусталь и др.

*Сходные минералы.* Тюрингит, глауконит, вермикулит.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение и местонахождения.* Пеннин имеет гидротермальное происхождение и образуется, как правило, совместно с другими хлоритами. Часто магнезиаль-но-железистые алюмосиликаты (биотит, пирокшны, амфиболы) превращаются в пеннин и другие разновидности хлорита. Пеннин преимущественно развивается в трещинах, где он находится в тесной парагенетической ассоциации с другими минералами, встречается в хлоритовых сланцах, серпентинитах и других породах. Повсеместным распространением пользуется пеннин в кристаллических сланцах фундамента и в многочисленных магматических породах, где он присутствует вместе с другими хлоритами.

## 129. ПЕНТЛАНДИТ

$(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$

Назван в честь английского натуралиста Дж. Пентлан-да (1797—1873)

Синонимы: железо-никелевый колчедан, никелевый магнитный колчедан

*Химический состав.* Переменный; никель (пентландит — важная никелевая руда) составляет 10—40%.

*Цвет.* Светлый томпаково-бурый, бронзово-желтый. *Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Зеленовато-черная с сильным металлическим блеском.

*Твердость.* 3,5—4.

*Плотность.* 4,5—5.

*Излом.* Минерал хрупкий.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Гексаоктаэдрическая, кристаллы редки.

*Кристаллическая структура.* Весьма сложная.

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический —  $m\bar{3}m$ .

*Спайность.* Совершенная по октаэдру (111), образует спайные выколки в виде зерен октаэдрической формы.

*Агрегаты.* Плотные, массивные, зернистые скопления, иногда величиной с кулак.

*П. тр.* Сплавляется в черный магнитный шарик.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в  $\text{HNO}_3$ , Ni легко выявляется с помощью диметилглиокоима (розовое окрашивание).

*Сопутствующие минералы.* Пирротин (часты сростания пентландита с пирротином; такие агрегаты называются никелевым магнитным колчеданом), халькопирит, магнетит, ильменит.

*Сходные минералы.* Пирротин.

*Практическое значение.* Важная руда Ni.

*Происхождение и месторождения.* Пентландит (вместе с пирротином, т. е. в виде никелевого магнитного колчедана) образуется при ливкации магмы основного состава (габброидной).

*Месторождения.* В ГДР имеется не разрабатываемое в настоящее время месторождение в Золанде на Шпрее. Наиболее известные месторождения мира являются и самыми крупными месторождениями никелевых руд: Садбери (Канада); Печенга, Норильск (СССР); Буш-велд, Южная Африка.

## 130. ПЕРОВСКИТ

$\text{CaTiO}_3$

Назван в честь вице-президента Российской Академии наук графа Л. А. Перовского

*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 41,1%, двуокись титана ( $\text{TiO}_2$ ) 58,9%.

*Цвет.* Черный, красно-бурый, желтый.

*Блеск.* Алмазный.

*Прозрачность.* Прозрачный до непрозрачного.

*Черта.* Серая, белая.

*Твердость.* 5,5—6.

*Плотность.* 3,97—4,04.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Кубическая [Фактически перовскит является псевдокубическим минералом, т. е. внешняя кубическая симметрия его кристаллов не соответствует истинной симметрии кристаллической решетки; кубические кристаллы перовскита состоят из многочисленных пластинчатых индивидов в полисинтетическом

двойниковом срастании, вследствие чего и повышается кажущаяся симметрия этого минерала, в действительности относящегося к ромбической сингонии. — *Прим. перев.*].

*Форма кристаллов.* Кубы, грани кубов иссечены короткими штрихами, параллельными ребрам.

*Кристаллическая структура.* В центре кубической элементарной ячейки расположен ион кальция, по углам — ионы титана, а в середине каждой из граней — ион кислорода.

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический —  $m\bar{3}m$ .

*Спайность.* Ясная по кубу (100).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Разлагается в кипящей  $H_2SO_4$ . *Сопутствующие минералы.* Хлорит, тальк, кальцит, лейцит, мелилит, титаномашетит. *Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Образуется в процессе регионального метаморфизма: по трещинам в виде друз, в толщах хлоритовых и известковых сланцев, в серпентинитовых комплексах; в изверженных породах основного состава (базальтах); иногда в титан-магнетитовых и хромито-вых месторождениях; как контактово-метаморфический минерал в известково-силькатных породах вместе с различными известковыми силикатами. *Местонахождения.* Урал (СССР); Швейцария; Тироль (Австрия); Финляндия.

### 131. ПИРАРГИРИТ



Греч, «пир» — пламя, «аргирос» — серебро. Синоним: красная серебряная руда

*Химический состав.* Серебро (Ag) 59,4%, сурьма (Sb) 22,3%, сера (S) 18,2%. Колебания состава незначительны.

*Цвет.* Свинцово-серый до черного с красноватым отливом.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивает красным.

*Черта.* Вишнево-красная, пурпурно-красная.

*Твердость.* 2,5—3.

*Плотность.* 5,77—5,86.

*Сингония.* Тригональная.

*Класс симметрии.* Дитригонально-пирамидальный —  $3m$ .

*Форма кристаллических выделений.* Плотные массы, призматические, скаленоэдрические, толстотаблитчатые, ромбоэдрические, богатые гранями кристаллы.

*Отношение осей,  $c/a=0,789$ .*

*Спайность.* Ясная по (1011), излом раковистый, занозистый.

*П. тр.* Легко плавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в азотной кислоте.

*Сопутствующие минералы.* Аргентит, самородное серебро, стефаит, галенит, кварц, пирит и др.

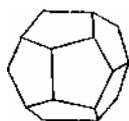
*Сходные минералы.* Прустит, куприт, киноварь, гематит (красный железняк).

*Практическое значение.* Важный рудный минерал серебра.

*Происхождение.* Гидротермальное; в зонах окисления — цементации серебряных месторождений; более распространен, чем прустит.

*Месторождения.* Санкт-Андреасберг (Гарц) (ФРГ); Фрейберг (Рудные горы) (ГДР); Пршибрам, Банска-Штьявница, Кремница (ЧССР); Гуанахуато, Цакатекас (Мексика); Голквиджирка (Перу); Хуанчака (Боливия); Чанэрчилло (Чили); шт. Невада, Айдахо, Аризона и др. (США).

### 132. ПИРИТ



Греч, «пир» — огонь; название основано на свойстве пирита искрить при ударе

От всех похожих на него минералов (халькопирит, марказит, золото, миллерит, арсенопирит) пирит легко отличается высокой твердостью

Синонимы: серный колчедан, железный колчедан

*Химический состав.* Железо (Fe) 46,6%, сера (S) 53,4%, часто незначительные примеси кобальта, никеля, мышьяка, сурьмы, меди, золота, серебра, селена и др.

*Цвет.* Латунно-желтый, золотисто-желтый, иногда с побежалостью (фото 13).

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Зеленовато-серая.

*Твердость.* 6—6,5.

*Плотность.* 5,0—5,2.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Широко распространены хорошо образованные кристаллы (кубы, пентагои-додекаэдры, или пиритоздры; см. рисунок). Кубики пирита покрыты штриховкой, параллельной граням.

*Кристаллическая структура.* Кубическая решетка типа решетки каменной соли (NaCl) (см. табл. 1).

*Класс симметрии.* Дидодекаэдрический — тЗ.

*Спайность.* Проявлена с различной степенью отчетливости, обычно неясная.

*Агрегаты.* Плотные, зернистые, сливные массы, почковидные, желвакообразные выделения, грубоволокнистые, тонкостебельчатые, радиально-лучистые образования, часто пиритизированные слои породы.

*П. тр.* На угле плавится в магнитный шарик, при этом возникает язычок голубого пламени и выделяется дым.

*Поведение в кислотах.* С трудом растворяется в  $\text{HNO}_3$ , в разбавленной  $\text{HCl}$  не растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Галенит, сфалерит, халькопирит, арсенопирит, пирротин, вольфрамит, антимонит, золото, теллуриды золота, карбонаты, кварц и др.

*Сходные минералы.* Марказит, халькопирит, арсенопирит, пирротин, золото.

*Практическое значение.* Важное сырье для производства серной кислоты; при этом попутно извлекаются медь, золото, селен.

*Происхождение.* Пирит (важный сквозной минерал) встречается как аксессуарный минерал в магматических породах. В больших количествах присутствует в скар-новых рудах, широко распространен в сульфидных (гидротермальных) жильных месторождениях в тесной парагенетической связи с галенитом, сфалеритом, халькопиритом, карбонатами, кварцем, а в золоторудных жилах — с арсенопиритом.

Пирит может образоваться: 1) в ликвационно-магматических месторождениях (а также в связанных с ними пневматолитовых и гидротермальных образованиях) в самых различных изверженных породах; 2) гидротермальным путем в скарновых рудах в жильных месторождениях с галенитом, пирротином, сфалеритом, халькопиритом, золотом и другими минералами; 3) в вулканических эксгаляциях, субвулканических породах и гидротермальных пиритовых залежах (совместо с халькопиритом и др.); 4) в разнообразных осадочных породах вместе с другими минералами. Часто красивые кристаллы пирита встречаются в глинах и глинистых сланцах.

*Месторождения.* Самое большое месторождение мира — Рио-Тинто (Испания); Урал, Средняя Азия и другие местонахождения (СССР); Эльбингероде в Гарце (ГДР); Мегген-на-Ленне (ФРГ); Мердита (Албания) и другие месторождения, распространенные во всех странах мира.

### 133. ПИРОКСЕНЫ

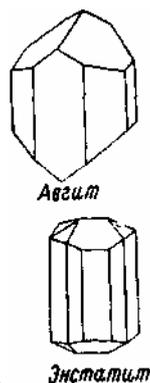
Группа пироксена; см. также амфиболы

Греч, «пир» — огонь, «ксенос» — чуждый. Пироксены длительное время не признавались первичной составной частью изверженных пород. Но это в целом не соответствует действительности. Пироксены кристаллизуются главным образом из магматического расплава и в противоположность амфиболам имеют простой химический состав. У обеих этих групп минералов много общего. Пироксены образуются в качестве первичных минералов из расплавов основного состава, весьма распространены в породах габбровой группы и в базальтах, реже встречаются в метаморфических породах, скарнах и в близких им типах пород. Их доля в составе земной коры достигает 6—8%.

В химический состав пироксенов входят окислы магния, железа, кальция, реже натрия и алюминия, а также кремнекислота. В противоположность этому амфиболы обычно обогащены алюминием. В их химическом составе всегда присутствуют группы [ОН], никогда не появляющиеся в составе пироксенов. Наиболее важные минералы группы пироксенов:

#### МОНОКЛИННЫЕ ПИРОКСЕНЫ

Диопсид,  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  Геденбергит,  $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  Авгит,  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$  Жадеит,  $\text{NaAl}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$  Эгирин,  $\text{NaFe}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  Фассаит,  $\text{Ca}_8\text{Mg}_{6,5}(\text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_{0,6}\text{Al}[\text{Al}_{1,6-2}\text{Si}_{14,5-14}\text{O}_{48}]$   
(Салит представляет собой смешанные кристаллы геденбергита и диопсида.)



Сподумен,  $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

## 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  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Пироксены однозначно отличаются от амфиболов по углу между трещинами спайности, ориентированными перпендикулярно базальной плоскости. Спайный угол у пироксенов составляет около  $85^\circ$  (см. рисунок — поперечный разрез кристалла пироксена), а у амфиболов он равен  $124^\circ$ . Кремнекислородные тетраэдры образуют простые ленты или двойные цепочки (см. рисунок — кристаллическая структура в проекции, параллельной оси  $c$ ).



## 134. ПИРОЛЮЗИТ

$\text{MnO}_2$

Греч. «пир» — огонь, «люзит» — мытье; минерал применяется для удаления зеленой окраски стекла  
Синоним: полианит (для кристаллических разновидностей) (фото 30,0).

*Химический состав.* Марганец (Mn) 63,2%, кислород (O) 36,8%.

*Цвет.* Черный, иногда с синеватой металлоподобной побежалостью.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная (у манганита — бурая).

*Твердость.* 2—6 (в зависимости от формы и структуры пиролюзита), отдельные кристаллы (кристаллические индивиды) характеризуются более высокой твердостью (5—6); очень хрупкий.

*Плотность.* 4,7—5,0.

*Излом.* Землистый.

*Сингония.* Тетрагональная.

*Форма кристаллических выделений.* Кристаллы редки, только в пустотах можно встретить игольчатые или столбчатые формы; большей частью минерал образует плотные тонко (крипто) кристаллические, землистые (рыхлые) массы.

*Кристаллическая структура.* Решетка типа решетки рутила.

*Класс симметрии.* Дитетрагонально-бипирамидальный —  $4/m\bar{3}m$ .

*Отношение осей,  $c/a=0,653$ .* Спайность. Совершенная.

*Агрегаты.* Плотные, почковидные и сталактитоподобные образования, желваки, лучистые и волокнистые сростки. *П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в  $\text{HCl}$  с выделением хлора.

*Сопутствующие минералы.* Гематит, сидерит, псиломелан, манганит, лимонит, барит.

*Сходные минералы.* Магнетит. Пиролюзит часто образует псевдоморфозы по псиломелану, гаусманиту, манганиту.

*Практическое значение.* Пиролюзит и псиломелан являются важными рудами марганца. Находят также применение для изготовления сухих электрических батарей (так называемый бурый (камень — смесь окислов марганца с преобладанием пиролюзита), в качестве адсорбционного средства, в стеклоделии, для приготовления химических соединений, в медицине и других отраслях народного хозяйства. Большая часть

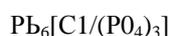
неочищенных марганцовых руд находит применение в черной металлургии для изготовления марганцовых сталей, железо-марганцового легирования, получения зеркального и белого чугуна и т. д.

*Происхождение и типы месторождений.* Пирролюзит — минерал преимущественно осадочного происхождения. Его скопления приурочены к районам развития мелководных отложений. Он образуется также в зонах окисления марганецсодержащих сидеритовых месторождений, развиваясь по родониту и другим марганцевым минералам.

*Месторождения.* В СССР, особенно на Кавказе, известны осадочные руды морского происхождения, так называемые «руды типа Поти»; в Индии, Южной Африке, Бразилии и других местах пирролюзит развивается в коре выветривания мощных родонитовых залежей. В ГДР пирролюзит распространен в сидеритовых жилах Гарца в области краевых разломов Тюрингенского Леса, близ Ильменау, Оренштока и Эльгерсбурга; в ФРГ известен в зоне железо-марганцовой шляпы оидеритовых жил Зи-герленда. В целом широко распространен во всех районах мира.



### 135. ПИРОМОРФИТ



Греч, «пир» — огонь, «морфе» — форма (шарик, образующийся при плавлении минерала, охлаждаясь, кристаллизуется)

Синонимы: зеленая, бурая, или пестрая свинцовая руда

*Химический состав.* Окись свинца (PbO) 81,7%, пяти-окись фосфора (5PO<sub>5</sub>) 15,7%, хлор (Cl) 2,6%; примеси кальция, мышьяка и хрома.

*Цвет.* Зеленый, бурый, желтый, оранжевый, серовато-белый.

*Блеск.* Алмазный, жирный.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Белая, светло-серая.

*Твердость.* 3,5.

*Плотность.* 6,7—7.

*Излом.* Неровный.

*Сингония.* Гексагональная.

*Форма кристаллов.* Призматические, столбчатые, похожи на кристаллы апатита (фото 30, e).

*Класс симметрии.* Гекеа тонально-б и пирамидальный — б/т.

*Отношение осей, c/a = 0,734.*

*Спайность.* Практически отсутствует.

*Агрегаты.* Почковидные, гроздьевидные, плотные, сплошные массы, коротколучистые сростки.

*П. тр.* Легко сплавляется в шарик, на угле оставляет желтый налет.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в HNO<sub>3</sub>.

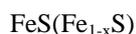
*Сопутствующие минералы.* Галенит (свинцовый блеск), церуссит, барит, кварц.

*Сходные минералы.* Миметезит.

*Практическое значение.* Представляет интерес как свинцовая руда вместе с другими минералами свинца. Редко образует значительные скопления. *Происхождение.* Образуется главным образом в зоне окисления свинцовых и свинцово-цинковых месторождений.

*Месторождения.* Фрейберг, Аннаберг, Беренштейн, Иоганнгеоргенштадт, Боккау, Волькенштейн, Рудные горы (ГДР); Клаусталь в Гарце, Эмс, Баденвейлер (ФРГ); Пршибрам (ЧССР) и другие месторождения.

### 136. ПИРРОТИН



Греч, «пиррос» — огненная окраска

Синоним: магнитный колчедан

*Химический состав.* Сера (S) 36,4—40%, соответственно железо (Fe) 63,6—60%. Иногда присутствуют примеси меди (Si), «никеля (Ni), кобальта (Co); при срастании с пентландитом (сульфид никеля и железа) содержание никеля может достигать 3%, в этом случае минерал называется никелевым пирротинном (подробнее

см. пент-ландит).

*Цвет.* Темный, бронзово-желтый (топаково-бурый), иногда с пестрой побежалостью.

*Блеск.* Металлический, особенно в свежем изломе.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная.

*Твердость.* 4, весьма хрупкий.

*Плотность.* 4,58—4,72.

*Излом.* Неровный.

*Сингония.* Гексагональная.

*Форма кристаллов.* Кристаллы редки, большей частью мелкие, таблитчатые, столбчатые, пирамидальные.

*Класс симметрии.* Дигексагонально-бипирамидальный —  $6/mmm$ .

*Отношение осей,  $c/a$* —1,654. *Спайность.* Отчетливая по (0001) и (1010).

*Агрегаты.* Плотные, листоватые, тонкозернистые, сливные.

*П. тр.* Сплавляется в черную магнитную массу.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в HCl с выпадением серы (S) и выделением сероводорода (H<sub>2</sub>S).

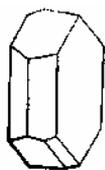
*Сопутствующие минералы.* Магнетит, ширит, халькопирит (медный колчедан), ильменит, пентландит, сфалерит (цинковая обманка), амфиболы, пироксены, кордиерит.

*Сходные минералы.* Пентландит, кубанит, борнит, никелин.

*Практическое значение.* Значительные скопления пирротина используются для получения серной кислоты; никелевый пирротин является важной рудой никеля.

*Происхождение.* 1) Магматическое в интрузивных породах основного состава (нориты, габбро, габбро-диабазы), именно в них образуется никелевый пирротин; 2) гидротермальное — в контактово-метасоматических месторождениях (скарновые руды), где пирротин представлен массивными плотными выделениями, ассоциирующими с магнетитом, халькопиритом, пиритом, сфалеритом (кристофитом) и др.; также в гидротермальных рудных жилах, где иногда в друзовых пустотах встречаются хорошо образованные кристаллы пирротина.

*Месторождения.* Мердита (Албания); Вальдзасен в горах Фихтель, Боденмайс в Баварии (ФРГ); никель-пирротинное месторождение мирового значения Садбери (Канада); Печенга и Мончегорск на Кольском п-ове, Норильск в Сибири (СССР). Скопления пирротина распространены в скарнах Брейтенбрунна, Шварценберга, Шмальцгрубе, в большинстве рудных жил в Рудных горах; широко распространен в многочисленных лампрофировых жилах Лаузица, известен в Золанде на Шпрее, во многих диабазовых Гарца и Тюрингенского Леса и др. (ГДР); Шлукнов и другие многочисленные местонахождения в габбровых комплексах Чешских Средних гор (ЧССР), а также другие месторождения мира.



### 137. ПЛАГИОКЛАЗ

Греч. «плагиос» — косо́й, «клясис» — разлом (у минералов группы плагиоклаза плоскости спайности расположены под углом друг к другу)

К группе плагиоклаза относятся альбит, олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит, анортит. Разновидности плагиоклаза: лунный камень, авантюриновый полевой шпат — солнечный камень

*Химический состав.* Плагиоклазы образуют изоморфный ряд минералов, отличающихся содержанием натрия (Na) и кальция (Ca). Чисто натриевый плагиоклаз — альбит имеет химическую формулу Na[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>], формула чисто кальциевого плагиоклаза — анортита Ca[Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>]. Между этими конечными членами ряда располагается богатый натрием и кремнекислотой, но бедный кальцием олигоклаз, вслед за которым идут более основные, более богатые кальцием и бедные кремнекислотой андезин и Лабрадор; далее в этом ряду располагаются богатые кальцием основные плагиоклазы — битовнит и не содержащий натрия анортит. Ниже приведена обзорная таблица химического состава минералов группы плагиоклаза (см. также рис. 23).

Минерал	Содержание, %				Альбит—анортит	
	Na <sub>2</sub> O	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Ab(0—	ЮAn)
Альбит	11,8	5,2	19,4	68,6	Ab(0—	ЮAn)
Олигоклаз	8,7	10,3	23,9	62,1	Ab <sub>70</sub> —	An <sub>30</sub>
Андезин	5,7	13,3	28,3	55,7	Ab <sub>50</sub> —	An <sub>50</sub>
Лабрадор	4,0	17,2	31,8	51,9	Ab <sub>30</sub> —	An <sub>70</sub>
Битовнит	1,6	20,1	34,2	46,9	Ab <sub>10</sub> —	An <sub>90</sub>
Анортит			36,6	43,3	An(0—	10Ab)

Содержание анортитовой составляющей (An): Кислые плагиоклазы 0 — 30% Средние плагиоклазы 30 — 60% Основные плагиоклазы 60 — 100%

Na<sub>2</sub>O — окись натрия CaO — окись кальция

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — окись алюминия

SiO<sub>2</sub> — двуокись кремния (кремнекислота)

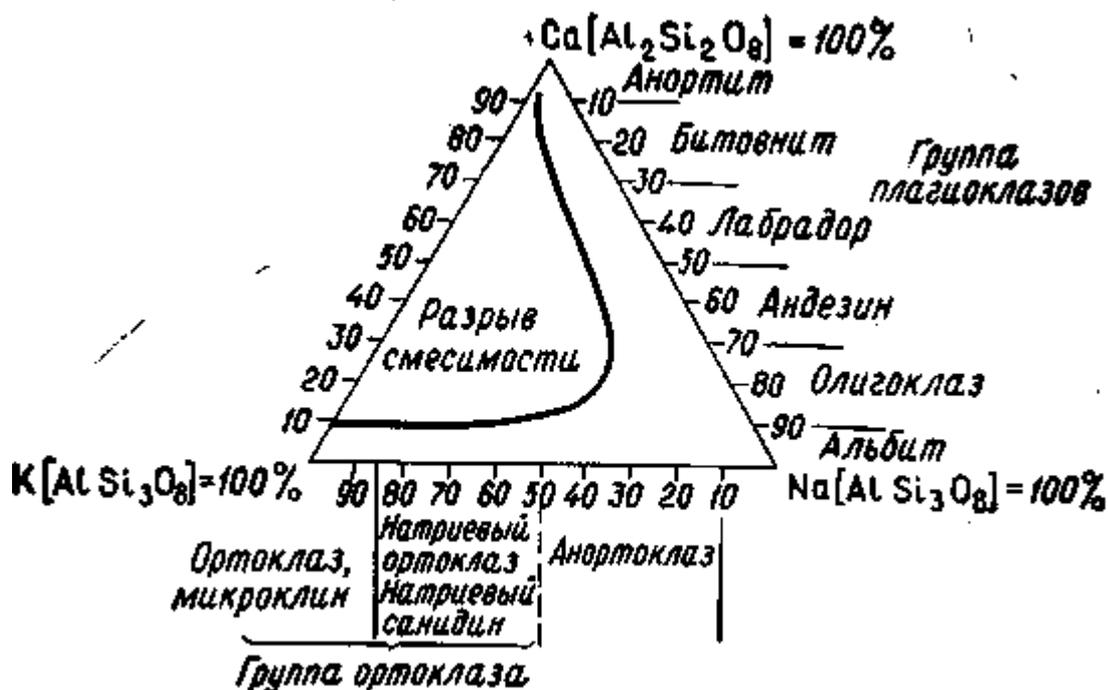


Рис. 23. Полевошпатовая система (диаграмма колебания химического состава полевых шпатов).

### 138. ПЛАТИНА

Pt

Исп. «platinia» — серебро (платина была привезена в Европу в эпоху колонизации Америки Испанией и ее считали в то время фальшивым, «плохим» серебром) Синоним: поликсен (греч. «поликоенос» — много чужих) — самородная железистая платина с примесями иридия, палладия, родия, меди и никеля. Из всех минералов группы платины в земной коре наибольшим распространением пользуется поликсен

**Химический состав.** Платина (Pt) 79—96%, железо (Fe) 4—21% (шгати́на и железо могут изоморфно замещать друг друга), иридий (иридиевая платина) до 7%, палладий (палладиевая платина) 0,1 — 1% (редко до 7%), родий (родиевая платина) 0,1—0,5% (редко до 5%), иногда в существенных количествах присутствует никель (никелевая платина).

**Цвет.** Серебряно-белый до стально-черного.

**Блеск.** Типично металлический.

**Прозрачность.** Непрозрачна.

**Черта.** Серебряно-белая, блестящая.

**Твердость.** 4.

**Плотность.** 14—19.

*Излом.* Крючковатый, минерал ковкий.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Гексаэдрические кристаллы.

*Кристаллическая структура.* Гра нецентрированный куб (см. табл. 1). Поликсен очень похож на самородное серебро и самородное железо. От серебра отличается более высокой твердостью и плотностью.

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический —  $m\bar{3}m$ .

*Агрегаты.* Листочки, зерна, ком ко подобные самородки. *П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется только в царской водке, т. е. в смеси, состоящей из одной части концентрированной  $HNO_3$  и 4—6 частей концентрированной  $HCl$ .

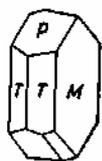
*Сопутствующие минералы.* Оливин, серпентин, хромит, золото, иридий.

*Практическое значение.* Высокая точка плавления (у чистой платины  $1774^\circ C$ ), электропроводность и устойчивость по отношению к химическим реагентам делают платину ценнейшим драгоценным металлом для физических и химических три боров. В современной технике платина применяется для самых разнообразных целей (например, для платинового легирования).

*Происхождение и типы месторождений.* Минералы группы платины связаны с дунитами и гортонолитами. Достоин внимания тот факт, что материнские породы металлов платиновой группы приурочены к региональным разломам, простирающимся преимущественно меридионально на сотни километров.

*Месторождения.* Платина наряду с золотом, наверняка известна людям с глубокой древности. Но в Европе на нее впервые обратили внимание только в середине XVIII в. Первые зерна платины привез из Колумбии в 1735 г. испанский математик Антонио де Уллоа. Сначала их приняли за серебро. Много позже, в 1819 г., обратили внимание на находки платины на Урале. В мире известно немного месторождений платины. Самое крупное находится на Урале, где платина добывается главным образом из россыпей. В месторождении, расположенном близ Норильска, платина и платиноиды выделяются вместе с сульфидами меди и никеля. Это месторождение весьма значительно. Во всемирно известном медно-никелевом сульфидном месторождении

Садбери (Канада) наряду с медью, никелем, золотом и серебром добывается также платина и металлы платиновой группы. В Африке богатые платиновые месторождения приурочены к массиву Бушвелд и Великой дайке. В мировой добыче платины большая доля приходится на Колумбию.



### 139. ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ

Нем. «шпат», «шпальтен» — раскалываться по трещинам (минералы обладают хорошей спайностью в трех направлениях). К группе полевых шпатов относятся следующие минералы: альбит, андезин, ан ортоклаз, битовнит, Лабрадор, олигоклаз, ортоклаз, микроклин, санидин. Разновидности: *амазонит, авантюриновый полевой шпат (солнечный камень), микроклин-пертит, лунный камень, адуляр*

Полевые шпаты составляют 50—60 мас. % земной коры; они наряду с кварцем, оливином, слюдами, пироксевами и амфиболами относятся к наиболее распространенным породообразующим минералам. Их значение необычайно велико. По химическому составу полевые шпаты представляют собой алюмосиликаты и состоят из окиси алюминия ( $Al_2O_3$ ), окиси калия ( $K_2O$ ), окиси натрия ( $Na_2O$ ) или из  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$  и окиси кальция ( $CaO$ ) в сочетании с двуокисью кремния ( $SiO_2$ ). По кристаллической структуре это силикаты с бесконечным трехмерным кремниево-алюминиевым каркасом. Полевые шпаты образуют изоморфные ряды. Среди них выделяют *калий-натриевые (щелочные) полевые шпаты*, составляющие подгруппу ортоклаза, к которой относятся собственно ортоклаз, натриевый ортоклаз, микроклин, анор-токлаз, санидин, адуляр-, и *известково-натриевые, или натриево-кальциевые, полевые шпаты* (подгруппа плагиоклаза). Полевые шпаты, будучи одними из главных породообразующих минералов, кристаллизуются следующим образом:

1. Из магматических расплавов гранитного, сиенитового, диоритового и габброидного состава.

2. В ходе постмагматических процессов (главным образом кислые плагиоклазы и щелочные полевые шпаты) — из пегматитовых расплавов, гидротермальных растворов, при процессах грейзенизации.

3. Путем ионного обмена в кристаллических сланцах (хлоритовые и слюдяные сланцы, слюдяные где и сланцы и гнейсы различных типов) как продукты бла-стеза (греч. «бластос» — росток, зародыш, почка) при средних температурах порядка нескольких сотен градусов (из твердого субстрата), т. е. при перекристаллизации вещества в твердом состоянии.

Разнообразие химического состава полевых шпатов послужило основой для классификации изверженных горных пород. В общем составе земной коры плагиоклазы занимают около 40%. Кислые плагиоклазы являются

составными частями континентальных масс гранитного состава (сиаль); основные плагиоклазы входят в состав базальтово-габброидного нижнего слоя земной коры (сима).

#### 140. ПОЛИГАЛИТ



Греч, «поли» — много, «галос» — соль. Синоним: калиево-магниевый-кальциевый соль

*Химический состав.* Окись калия ( $K_2O$ ) 7—14%, окись магния ( $MgO$ ) 4—7,5%, окись кальция ( $CaO$ ) 17—25%, окись серы ( $SO_3$ ) 47,5—53%, вода ( $H_2O$ ) 6—8%.

*Цвет.* Кирпично-красный, белый, серый, желтоватый.

*Блеск.* Стеклообразный, жирный, шелковистый.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 3—3,5.

*Плотность.* 2,70—2,78.

*Сингония.* Триклинная.

*Форма кристаллических выделений.* Большинство плотные волокнистые массы, реже столбчатые или листоватые агрегаты.

*Класс симметрии.* Пинакоидальный— 1.

*Отношение осей.* 0,998: 1 : 1,287;  $a=104^\circ 30'$ ,  $z=101^\circ 30'$ ,  $Y=113^\circ 54'$ .

*Спайность.* Хорошая по (100).

*П. тр.* Легко плавится, окрашивая пламя в фиолетовый цвет, легко отдает кристаллизационную воду.

*Растворимость.* Легко растворяется в воде, выделяя в качестве нерастворимого остатка гипс.

*Сопутствующие минералы.* Галит, ангидрит, гипс.

*Практическое значение.* Находит применение в качестве калийной соли (ср. с каинитом, карналлитом и сильвинитом).

*Происхождение.* Выпадает из соляных растворов, богатых магнием, калием и кальцием; в соляных месторождениях полигалит образует специфические залежи — полигалитовые ярусы.

*Месторождения.* Штасфурт и его окрестности (округ Магдебург) (ГДР); Бад-Ишль и Хальпштадт (Австрия); шт. Техас, Нью-Мексико (США).

#### 141. ПРЕНИТ



Назван по имени голландского полковника фон Прена, который привез этот минерал с мыса Доброй Надежды

*Химический состав.* Окись кальция ( $CaO$ ) 27,1%, окись алюминия ( $Al_2O_3$ ) 24,8%, окись кремния ( $SiO_2$ ) 43,7%, вода ( $H_2O$ ) 4,4%.

*Цвет.* Зеленый, желто-зеленый, желтый, белый, бесцветный.

*Блеск.* Стеклообразный, перламутровый.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6—6,5.

*Плотность.* 2,8—3.

*Излом.* Неровный.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые, короткостолбчатые кристаллы, часты почковидные агрегаты радиально-волокнистого строения.

*Класс симметрии.* Ромбо-пирамидальный —  $mm2$ .

*Отношение осей.* 0,8401 : 1 : 1,1536.

*Спайность.* Отчетливая по базису (001), (ПО).

*П. тр.* Плавится, в закрытой стеклянной трубке при высокой температуре выделяет воду (в отличие от цеолитов, выделяющих воду при незначительном нагреве-НИИ).

*Поведение в кислотах.* Медленно разлагается в  $HCl$ .

*Сопутствующие минералы.* Кальцит, датолит, натролит, анальцит, эпидот, а кишит.

*Сходные минералы.* Арагонит, штаффелит, вавеллит, деэмин, каламин.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Распространенный минерал в измененных габбро-диабазовых породах, амфиболитах и др.

*Местонахождения.* Саксонские Рудные горы (Шнеберг, Чортау, Визенштейн), диабазы Гарца (ГДР); Харцбург, диабазы близ Нассау и в других местах (ФРГ). Распространен повсеместно.

#### 142. ПРОХЛОРИТ



Разновидность хлорита, в которой содержание окислов колеблется в широких пределах (ср. хлорит, пеннин, клинохлор)

*Химический состав.* См. пеннин, хлорит.

*Цвет.* Зеленый до черно-зеленого.

*Блеск.* Стеклообразный, перламутровый.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Луково-зеленая.

*Твердость.* 1,5—2.

*Плотность.* 2,7.

*Излом.* Минерал гибкий, эластичный.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые.

*Кристаллическая структура.* Слоистая решетка.

*Класс симметрии.* Ср. с пенником.

*Отношение осей.* Ср. с пенником.

*Спайность.* Хорошая по базису (001).

*Агрегаты.* Листоватые, чешуйчатые.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Разлагается в концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

*Сходные минералы.* Пеннин, клинохлор, тюрингит, глауконит, вермикулит.

*Сопутствующие минералы.* Те же, что у пеннина.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение и типы месторождений.* Те же, что у пеннина.

#### 143. ПРУСТИТ



Назван по фамилии французского химика Дж. Л. Пруста (1754—1826) Синоним: светлая красная серебряная руда

*Химический состав.* Серебро (Ag) 65,4%, мышьяк (As) 15,2%, сера (S) 19,4%. Иногда в химическом составе наблюдаются некоторые колебания.

*Цвет.* Багряный, темно-красный, киноварно-красный.

*Блеск.* Алмазный.

*Прозрачность.* Просвечивает красным.

*Черта.* Кирпично-красная, желтовато-красная.

*Твердость.* 2,5—3.

*Плотность.* 6,57.

*Сингония.* Тригональная.

*Класс симметрии.* Дитригонально-пирамидальный —  $3m$ .

*Форма кристаллических выделений.* Плотные сливные массы, кристаллы призматические, скаленоэдрические.

*Отношение осей, c/a=0,805.*

*Спайность.* Хорошая по (1011).

*Излом.* Раковистый. *П. тр.* Легко плавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в азотной кислоте.

*Сопутствующие минералы.* Пираргирит, куприт, киноварь, гематит (красный железняк).

*Практическое значение.* Важная руда Ag.

*Происхождение.* Гидротермальное, образуется в зоне окисления и цементации серебряных месторождений.

*Месторождения.* Рудные горы (ГДР — ЧССР); Шварцвальд (ФРГ); Сардиния; Атакама (Чили); Мексика; Канада; США и другие районы мира.

## 144. ПСИЛОМЕЛАН

$MnO_2$  (приблизительно)

Греч, «псинос» — лысый, «мелас» — черный  
Синонимы: твердая марганцовая руда, манганомелан  
16 Р. Юбельт **24J**

*Химический состав.* Сильно варьирует; окись марганца ( $MnO$ ) 8—25%, двуокись марганца ( $MnO_2$ ) 60—80%, вода ( $H_2O$ ) 4—6%.

*Цвет.* Черный, буро-черный.

*Блеск.* Металлический, матовый, смолистый.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная, бурая.

*Твердость.* 4—6, хрупкий.

*Плотность.* 4,4—4,7.

*Излом.* Неровный, шероховатый.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллических выделений.* Тонкокристаллические агрегаты, гроздьевидные, желвакообразные, рыхлые землистые массы. Псилломелан встречается также в виде скелетных кристаллов — дендритов на поверхностях скола пород.

*Отношение осей.* 3,319 : 1 : 4,809;  $\beta = 92^\circ 30'$ .

*Спайность.* Отсутствует.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в  $HCl$ .

*Сопутствующие минералы.* Лимонит, барит, кальцит.

*Сходные минералы.* Пирролюзит, гаусманит.

*Практическое значение.* Важная руда марганца наряду с манганитом и пирролюзитом.

*Происхождение и типы месторождений.* Образуется главным образом в зонах окисления марганцовых месторождений и зон первичной марганцовой минерализации, реже гидротермальным или осадочным путем. Широко распространенный минерал. *Месторождения.* Наиболее крупные осадочные месторождения, в которых руды представлены шпломела-ном,— Чиатура в Закавказье и Никополь на Украине (СССР).

## 145. РЕАЛЬГАР

$As_4S_4$  (прежняя формула  $AsS$ )

*Химический состав.* Мышьяк ( $As$ ) 70,1%, сера ( $S$ ) 29,9% (ср. с аурипигментом).

*Цвет.* Оранжево-красный, ярко-красный, реже темно-красный.

*Блеск.* Алмазный, на изломе жирный.

*Прозрачность.* Полупрозрачный.

*Черта.* Оранжево-желтая.

*Твердость.* 1,5—2.

*Плотность.* 3,4—3,6.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Большинство короткопризматические кристаллы.

*Класс симметрии.* Призматический —  $2/m$ .

*Отношение осей.* 0,687 : 1 : 0,486;  $\beta = 106^\circ 33'$ .

*Спайность.* Совершенная по (010), (210).

*Агрегаты.* Плотные, тонкозернистые, сливные.

*П. тр.* Легко плавится и испаряется (издавая запах чеснока), в колбочке появляется красный возгон.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в царской водке с выделением серы.

*Сопутствующие минералы.* Самородный мышьяк, антимонит, сфалерит, пирит, аурипигмент.

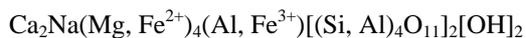
*Сходные минералы.* Прустит, пирарпирит, киноварь, крокоит (красная серебряная руда), аурипигмент.

*Практическое значение.* Реальгар и аурипигмент — редко встречающиеся минералы, редки и их месторождения. Сернистый мышьяк находит применение как краска (в живописи), в пиротехнике, в производстве стекла и в других отраслях промышленности.

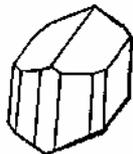
*Происхождение.* Встречается в гидротермальных месторождениях, образуется в возгонах вулканов, фумарол и сольфатар, а также в качестве химического осадка в доломитах, глинах и мергелях.

*Местонахождения.* Кавказ (СССР): Яхимов в Рудных горах (ЧССР); вулканы внутренней дуги Карпат (Румыния); в шльфатарах близ Поццуоли, в окрестностях Неаполя, лавы и фумаролы Везувия (Италия).

## 146. РОГОВАЯ ОБМАНКА



Называется также обыкновенной роговой обманкой и относится к группе амфиболов



*Химический состав.* Варьирует в широких пределах; окись кальция (CaO) около 10—13%, окись магния (MgO) 11 — 14%, закись железа (FeO) 9,5—11,5%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 3—9%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 6—13%, окись натрия (Na<sub>2</sub>O) 1,5%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 42—48%, вода (H<sub>2</sub>O) 1 — 1,5% (ср. с тремолитом). Железосодержащая роговая обманка с высоким содержанием титана (до 3% окиси четырехвалентного титана) называется *базальтической роговой обманкой*.

*Цвет.* Зеленый, зеленоватый, черно-зеленый, черный.

*Блеск.* Стекланный, полуметаллический.

*Прозрачность.* Непрозрачна, в тонких сколах просвечивает.

*Черта.* Серая, зеленоватая, зелено-бурая. *Твердость.* 5,5—6.

*Плотность.* 3,1—3,3.

*Излом.* Шероховатый.

*Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллов.* Призматические, столбчатые, с шестигранным поперечным сечением, характерны двойники.

*Кристаллическая структура.* Сдвоенные анионные цепи из тетраэдров SiO<sub>4</sub> (ср. с амфиболом).

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,548 : 1 : 0,296;  $\rho=105^\circ 44'$ .

*Спайность.* Совершенная по призме (НО) под углом 124° (см. рис. на стр. 79).

*Агрегаты.* Плотные, столбчатые, зернистые.

*П. тр.* С трудом сплавляется в темно-зеленое стекло.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Полевые шпаты, кварц, пироксены, биотит, магнетит, хлориты и др.

*Сходные минералы.* Пироксены, эпидот, турмалин.

*Практическое значение.* В практических целях используются только роговообманковые асбесты как волокнистые материалы (см. асбест).

*Происхождение и местонахождения.* Во многих магматических породах, например в диоритах, андезитах, сиенитах, трахитах, реже в базальтах, роговая обманка является породообразующим минералом; часто встречается в виде монокристаллов в вулканическом пепле; породообразующий минерал метаморфических пород: амфиболитов, реже гнейсов (роговообманковые гнейсы).

Распространена также в известково-силикатных породах (скарнах; например, в саксонских Рудных горах (ФРГ) с магнетитом, гранатом и другими минералами). В ГДР широко распространена в сиенитовом массиве Мейсен, в амфиболитах Рудных гор и Тюрингенского Леса. Базальтическая роговая обманка особенно широко представлена в базальтах и туфах массива Рён. Широко распространена в породах других областей земного шара.

## 147. РОДОНИТ



Греч. «родон» — роза

*Химический состав.* Окись марганца (MnO) 30—46%, закись железа (FeO) 2—12%, окись кальция (CaO) 4—6,5%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 45—48%.

*Цвет.* Розово-красный, малиновый, красновато-бурый, красновато-серый.

*Блеск.* Стекланный, перламутровый.

*Прозрачность.* Просвечивающий, прозрачный.

*Черта.* Белая. *Твердость.* 5,5—6,5.

*Плотность.* 3,40—3,75.

*Излом.* Минерал рыхлый, землистый.

*Сингония.* Триклиная.

*Форма кристаллических выделений.* Кристаллы обычно плохо образованы, чаще минерал представлен плотными сливными или тонкозернистыми массами.

*Класс симметрии.* Пинакоидальный — 1.

*Отношение осей.* 0,625: 1 : 0,541;  $\alpha = 85^\circ 10'$ ,  $\beta = 94^\circ$ ,  $\gamma = 111^\circ 29'$ .

*Спайность.* Не вполне совершенная по (ПО), (НО).

*Агрегаты.* Плотные, сливные.

*П. тр.* В окислительном пламени марганец окисляется и минерал буреет, чернеет.

*Поведение в кислотах.* Медленно растворяется в соляной кислоте.

*Сопутствующие минералы.* Окислы марганца (гаусманит, браунит, манганит), франклинит, цинкит, виллемит, кальцит. *Сходные минералы.* Марганцовый шпат (родохрозит).

*Практическое значение.* Находит применение как руда Mn и в качестве поделочного и облицовочного камня (например, великолепная внутренняя отделка станции «Маяковская» Московского метро).

*Происхождение.* Образуется при низкотемпературном метаморфизме осадочных руд Mn. Родонит слагает важные месторождения марганцовых руд. Особенно успешно разрабатываются зоны окисления марганцовых месторождений.

*Месторождения.* Урал (СССР); близ Эльбингероде (ГДР); Лаутенталь в Гарце, генетически связанное с кремнистыми сланцами (ФРГ).

## 148. РОДОХРОЗИТ

$MnCO_3$

Греч. «родон» — роза, «хрос» — цвет (малиновый шпат). Образует изоморфные ряды с Ca-Fe-карбонатами (см. кальцит, доломит, анкерит) Синоним: марганцовый шпат

*Химический состав.* Окись марганца (MnO) 61,7% (Mn 47,8%), двуокись углерода (CO<sub>2</sub>) 38,3%.

*Цвет.* Розовый, малиновый, бурый, реже бесцветный (фото 16).

*Блеск.* Стеклообразный.

*Прозрачность.* Прозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 3,5—4,5.

*Плотность.* 3,3—3,6.

*Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Кристаллы мелкие, главным образом друзы; грани большей частью линзовидно изогнуты. *Кристаллическая структура.* Аналогична структуре кальцита.

*Класс симметрии.* Дитригонально-скалено-эдрический — 3m.

*Спайность.* Хорошая по ромбоздру (1010).

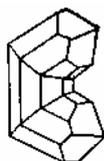
*Агрегаты.* Плотные, гроздьевидные образования, шпато-видные, сливные.

*П. тр.* Не плавится, становится трещиноватым и приобретает при этом зеленоватую окраску.

*Поведение в кислотах.* Быстро растворяется в горячей HCl (с сильным вскипанием).

*Сопутствующие минералы.* Пирит, пирротин, марказит, галенит, сфалерит, богатые серебром блеклые руды, самородное золото и др. *Практическое значение.* Руда Mn.

*Происхождение.* Гидротермальные жилы и осадочные (морские) марганцовые месторождения. *Месторождения.* Фрейберг, Аннаберг, Мариенберг (Рудные горы), Шабенхольц близ Эльбингероде (Гарц) (ГДР). Наиболее важные месторождения: Чиатура (Закавказье), Полуночное (Северный Урал) (СССР); Лас-Кабесса, Северные Пиренеи (Франция); Бьютт, шт. Монтана (США); провинция Гуэльва (Южная Испания) и другие месторождения.



## 149. РУТИЛ

$TiO_2$

Лат. «рутилус» — красноватый

К группе рутила относятся анатаз и брукит

*Химический состав.* Титан (Ti) 60%, кислород (O) 40%.

*Цвет.* Красновато-бурый, железно-черный.

*Блеск.* Металлический до алмазного.

*Прозрачность.* Непрозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Желтоватая, серая, бледно-желтая, коричневая.

*Твердость.* 6—6,5, хрупкий.

*Плотность.* 4,2—4,3.

*Излом.* Неровный, раковистый.

*Сингония.* Тетрагональная.

*Форма кристаллов.* Призматические, столбчатые, игольчатые, часты двойники.

*Кристаллическая структура.* В структуре типа рутила каждый ион титана окружен шестью ионами кислорода.

*Класс симметрии.* Дитетрагонально-бипирамидальный — 4/mmm.

*Отношение осей.*  $c/a=0,645$ .

*Спайность.* Совершенная по главной призме (ПО) и менее четко выраженная по (100).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые, лучистые.

*П. тр.* Не плавится и не изменяется.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Кварц, амфибол, гранат и др.

*Сходные минералы.* Магнетит, ильменит, цинкит, касситерит, циркон, турмалин, гранаты (пироп и альмандин).

*Практическое значение.* Рутил употребляется для изготовления ферротитана, титановых сталей, титановых карбидов.

*Происхождение и месторождения.* Акцессорный минерал щелочных изверженных пород (сиенитов) или пегматитов (рутиловых пегматитов); широко распространен в метаморфических породах: изолированные зерна в амфиболитах (особенно в западных Рудных горах), гнейсах, слюдистых сланцах. Часто образует игольчатые включения в кварце, слюде и других минералах («стрелы амура», «волосы Венеры»),

## 150. САНИДИН

$K[AlSi_8O_8]$

Греч, «санидос» — табличка (санидин — полевой шпат с характерными плоскотаблитчатыми кристаллами)

*Химический состав.* Такой же, как у ортоклаза; кроме того, нередко содержит окись натрия ( $Na_2O$ ), в этом случае химическая формула минерала приобретает вид  $(K, Na)[AlSi_8O_8]$  и он называется калинатровым полевым шпатом или щелочным полевым шпатом (рис. 23). *Цвет.* Стеклянно-серый. *Блеск.* Стеклянный, перламутровый. *Прозрачность.* Прозрачный, мутный, непрозрачный. *Черта.* Белая. *Твердость.* 6, хрупкий. *Плотность.* 2,53—2,56. *Излом.* Раковистый, неровный. *Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые вирашонники в эффузивных породах (риолитах, трахитах, фонолитах). *Кристаллическая структура.* Силикат с бесконечным трехмерным каркасом  $(SiAl)O_4$ . *Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.*  $6,657 : 1 : 0,551$ ;  $z=115^\circ 59'$ . *Спайность.* Совершенная по базису (P), совершенная по боковым граням (M) и по призме (T) (см. полевые шпаты).

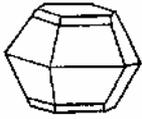
*Агрегаты.* Плотные, зернистые. *Я. тр.* Плавится с трудом. *Поведение в кислотах.* Почти не растворяется. *Сопутствующие минералы.* Кварц, биотит, роговая обманка, ортоклаз, андезин. *Сходные минералы.* Плагиоклаз. *Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Образуется при высоких температурах (около  $1000^\circ C$ , высокотемпературный минерал) в кислых и средних эффузивных породах; распространен в молодых вулканических провинциях. *Месторождения.* Зибенгебирге, Драхенфельз на Рейне (ФРГ); Пюи-де-Дом, Овернь (Франция); Средиземно-морская вулканическая зона Италии; Чешские Средние горы (ЧССР); Закавказье (СССР); близ Хаммерунтер-визенталя (Рудные горы), горы Циттау (ГДР) и др.

## 151. СЕРА

S

В природе (при нормальных температурных условиях) образуется сера ромбической сингонии; эта устойчивая модификация называется также  $\alpha$ -серой



*Химический состав.* Самородная сера чаще всего является химически чистым веществом. Из посторонних механических примесей в ее составе могут присутствовать глинистые, органические и газообразные включения. Изредка сера содержит до 5% селена (чаще около 1%); такая разновидность называется селеновой серой. *Цвет.* Серно-желтый, желто-оранжевый, желто-бурый, серовато-желтый, серовато-бурый.

*Блеск.* На поверхности излома жирный, на гранях алмазный.

*Прозрачность.* Мутная, просвечивающая. *Черта.* Серно-желтая, соломенно-желтая (фото 25).

*Твердость.* 2. *Плотность.* 2—2,1.

*Излом.* Раковистый, минерал очень хрупок. *Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Кристаллы часто имеют облик пирамид или притупленных пирамид (см. рисунок).

*Кристаллическая структура.* Сложная -молекулярная решетка; молекулы состоят из восьми атомов, расположенных в виде замкнутых «зигзагообразных» колец. *Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный— *m3m*. *Отношение осей.* 0,813 : 1 : 1,897. *Спайность.* Несовершенная по базису (001), (ПО). *Агрегаты.* Плотные, сплошные, землистые массы, пластинчатые сростки, друзы.

*П. тр.* Легко плавится (при 119°C) и сгорает синим пламенем, превращаясь в SCV

*Поведение в кислотах.* Не растворяется (в воде также), до растворима в C82.

*Сопутствующие минералы.* Кальцит, гипс, целестин, арагонит, каменная соль, асфальт; вулканическая сера ассоциирует с железным блеском и каолинитом, встречается в лавах, в возгонах сольфатар, фумарол и в жерлах кратеров.

*Практическое значение.* Сера — важное сырье для получения серной кислоты. Много серы потребляет виноделие, она используется при изготовлении препаратов для борьбы с вредителями, а также для вулканизации в резиновом производстве. Кроме того, сера применяется для изготовления черного пороха, в пиротехнике, в медицине и пр.

*Происхождение.* Образуется сера главным образом биохимическим путем в известково-мергелистых осадках; в этих случаях она содержит, существенную примесь органических веществ (асфальта, нефти и др.); часто месторождения серы приурочены к соляным куполам в аридном климате (шт. Техас, бассейн Каспийского моря); сера образуется при разложении серосодержащих металлических соединений (сульфидов), а также в зонах окисления; широко распространены вулканогенные месторождения серы.

*Месторождения.* Химические, биохимические осадочные: Гиргенти, Кальтанисетта (Сицилия); шт. Техас (США). Вулканические: Япония; Исландия; Чили и др.

## 152. СЕРЕБРО

Ag

Самородное серебро (с незначительными примесями золота, платины, меди, мышьяка, ртути, висмута, железа и др.-) встречается в природе довольно часто, но в составе серебряных руд играет ничтожную роль

*Цвет.* Серебряно-белый с черной побежалостью (фото 19).

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* В тонком слое просвечивает.

*Черта.* Серебристо-белая (блестящая).

*Твердость.* 2,5.

*Плотность.* 10—11,1.

*Излом.* Крючковатый.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллических выделений.* Большинство плотные скопления, характерны также проволочные, волосовидные формы, мелкие чешуйки, листочки, плоские перистые дендриты, зерна неправильной формы.

*Кристаллическая структура.* Кубическая гранецентрированная решетка.

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический — *m3m*.

*Спайность.* Отсутствует, минерал ковкий.

*П. тр.* Плавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в азотной кислоте, при добавлении HCl дает белый осадок хлорида серебра, от сероводорода чернеет.

*Сопутствующие минералы.* Самородное золото, самородный теллур, аргентит, хлораргирит, пираргирит, прустит, стефанит, тетраэдрит, пирротин, пирит, галенит, хлоан-тит, сидерит, флюорит, барит, родохрозит, халцедон, сфалерит (цинковая обманка).

*Сходные минералы.* Анимикит (сурьмянистое серебро), самородная сурьма, электрум.

*Практическое значение.* Серебро, как металл, используется для получения различных солей и для разнообразных технических целей (фото- и киноматериалы, бумага).

*Происхождение и месторождения.* В гидротермальных месторождениях вместе с другими рудами серебра; Фрейберг, Аинаберг, Мариенберг, Шяеберг (ГДР); крупнейшее месторождение Конгсберг (Норвегия), где самородное серебро до глубины 800 м является главным рудным минералом. Известно самородное серебро также в Мексике. Самородное серебро осадочного происхождения в виде тонкой вкрапленности в ассоциации с халькопиритом присутствует в медистых сланцах Мане-фельда и Эйслебена (ГДР).

### 153. СЕРПЕНТИН



Лат. «серпенс» — змея; листоватая разновидность называется *антигоритом* (по месту находки — долине Анти-горио, Пьемонт, Италия). К минералам группы серпентина относится также серпентин-асбест (хризотил-асбест)

*Химический состав.* Окись магнезия (MgO) 43,0%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 44,1%, вода (H<sub>2</sub>O) 12,9%; часто присутствуют в виде примеси окислы железа и никеля.

*Цвет.* Зеленый, темный, черно-зеленый, желтый, пятнистый (как шкура змеи).

*Блеск.* Матовый.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 2,5—3 (антигорят 3,5).

*Плотность.* 2,5—2,7.

*Излом.* Раковистый, занозистый.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Волокнистая (хризотил), листоватая (антигорит).

*Кристаллическая структура.* Слоистая.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* ~0,6 : 1 : ~1,6;  $\alpha = 92^\circ$ .

*Спайность.* Минерал волокнистый, у листоватого анти-горита совершенная спайность.

*Агрегаты.* Плотные.

*П. тр.* Плавится с трудом, в закрытой стеклянной трубочке выделяет большое количество кристаллизационной воды.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в соляной и серной кислотах.

*Сопутствующие минералы.* Оливин, бронзит (бастит), гранат (пироп), хлориты, хромит, магнетит, магнезит, опал, халцедон и др.

*Сходные минералы.* Антигорит, тремолит-асбест. *Практическое значение.* Поделочный камень для изготовления мелких художественно-промышленных изделий (пепельниц, письменных приборов, часов); плиты для облицовки стен; особые сорта применяются для изготовления огнеупорного кирпича.

*Происхождение.* Минералы группы серпентина образуются преимущественно при химическом изменении магнезильного оливина, ромбического и моноклинного пи-роксенов. Породы, состоящие главным образом из серпентининовых минералов, называются серпентинитами; среди них выделяют гранатовые (пироповые) серпентиниты, бронзитовые серпентиниты, бедные железом (желтые, зеленые) дунитдаые серпентиниты, богатые никелем никелевые серпентиниты.

*Месторождения.* Урал, Северный Кавказ, Армения, Казахстан, Сибирь (СССР); в ГДР пироповые серпентиниты близ Зебница и Аншпрунга в Рудных горах, в саксонских Гранулитовых горах (округа Дрезден, Карл-Маркс-Штадт, Лейпциг), гранатовые (пироповые) и бронзитовые серпентиниты близ Вальдгейма, гранатовые (пироповые) серпентиниты близ Бёригена, бронзитовые серпентиниты в окрестностях Хоэнштейн-Эрнсттале, Вальденбурга, Кушнаплея; в ФРГ серпентиниты известны в горах Фихтель и в окрестностях Вурлица. Серпентиниты пользуются широким распространением в различных районах мира.



### 154. СИДЕРИТ



Греч, «сидерос» — железо Синоним: железный шпат

*Химический состав.* Закись железа (FeO) 62,1% (Fe 48,3%), двуокись углерода (CO<sub>2</sub>) 37,9%, часто присутствуют примеси MnCO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub> и MgCO<sub>3</sub>.

*Цвет.* Желтый, желтовато-серый, буровато-серый, буровато-желтый, черный.

*Блеск.* Стеклообразный, перламутровый, с пестрой буроватой побежалостью.

*Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Бесцветная, у измененных (лимонитизированных) образцов — бурая, черная (в случае примеси окислов марганца).

*Твердость.* 4—4,5, хрупкий.

*Плотность.* 3,7—3,9.

*Излом.* Зернистый, шпатоподобный.

*Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Уплощенные ромбоэдры; грани кристаллов линзовидно изогнуты.

*Кристаллическая структура.* Аналогична структуре кальцита.

*Класс симметрии.* Дитригонально-скаленоэдрическим — 3m.

*Спайность.* Совершенная по ромбоэдру (1011).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые, сплошные массы, также лучистые образования, сферолиты (сферосидерит, глинистый сидерит).

*П. тр.* Не плавится, становится трещиноватым, буреет и чернеет (вследствие окисления железа).

*Поведение в кислотах.* Интенсивно растворяется в подогретой соляной кислоте.

*Сопутствующие минералы.* Галенит, халькопирит, сфалерит, тетраэдрит, реже касситерит, флюорит, анкерит, кальцит, кварц.

*Сходные минералы.* Кальцит, доломит, магнезит, смитсонит, сфалерит, анкерит.

*Практическое значение.* Влажная руда Fe. Из него легко выплавляется железо; ценность руды повышается в случае присутствия нескольких процентов марганца. Сидерит в первую очередь идет на изготовление мягких сортов стали. Уже римляне в большом объеме разрабатывали сидеритовые руды в Австрийских Альпах и выплавляли из них железо (подобные руды имеются в ФРГ и в других местах).

*Происхождение.* Сидерит образуется в различных условиях. Он встречается во многих гидротермальных месторождениях в ассоциации с сульфидами свинца, цинка, меди и железа, а также в виде массивных скоплений в гидротермально-метасоматических месторождениях в известняковых толщах; хемогенно-осадочным путем образуется в форме сидеритовых пластов и желваков и слагает прослои в залежах каменных углей (такие месторождения возникают в результате сложных процессов осаждения в лагунах и мелководных бассейнах).

*Месторождения.* Рудная гора в Штирии (Австрия); Бильбао в Южных Пиренеях (Испания); многие жильные месторождения Рудных гор, в Тюрингии близ Камс-дорфа, Шмалькальдена, в Гарце в Штольберге, Штасберге, Нейндорфе и в других местах, в частности в угольном бассейне близ Цвиккау (ГДР); Зиген в Вестфалии (ФРГ) и многие другие месторождения.

## 155. СИЛЛИМАНИТ



Назван по фамилии американского минералога В. Сил-лимана

*Химический состав.* Окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 63,1%, двуокись кремнезема (SiO<sub>2</sub>) 36,9%, иногда присутствует в виде примеси (2—3%) окись железа.

*Цвет.* Серый, серовато-белый, светло-бурый, бледно-зеленый.

*Блеск.* Стеклообразный, жирный, шелковистый.

*Прозрачность.* Прозрачный до просвечивающего.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6—7.

*Плотность.* 3,23—3,25.

*Излом.* Неровный.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллических выделений.* Мелкие игольчатые кристаллы или спутанно-волокнистые образования, иногда микроскопические тонкие волоски.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *mmm*.

*Отношение осей.* 0,979 : 1 : 0,757.

*Спайность.* Совершенная параллельно оси с, по (010).

*Агрегаты.* Волокнистые, пучкообразные.

*П. тр.* Не плавится. *Поведение в кислотах.* Нерастворим.

*Сопутствующие минералы.* Кордиерит, андалузит, биотит, корунд.

*Сходные минералы.* Дистен.

*Практическое значение.* В крупных скоплениях важное сырье для производства огнеупоров.

*Происхождение.* Минерал контактового метаморфизма; образуется при высоких температурах в высокоглиноземистых породах (контактовых роговиках). *Месторождения.* Крупное месторождение находится в Индии (Хази-Хиллс, Пипра); в ГДР широко распространен в высокотемпературных кордиеритовых гнейсах Гранулитовых гор близ Митвейды, Бургштедта (округ Карл-Маркс-Штадт). Разлит в породах кристаллического фундамента во всех районах мира.

## 156. СИЛЬВИН

КС1

Назван по имени Сильвия (де ля Ваш) (*sal digestivum Sylvii* — слабительная соль)

*Химический состав.* Калий (К) 52,5%, хлор (С1) 47,5%.

*Цвет.* Бесцветный (водяно-прозрачный), молочно-белый, темно-красный, розовый (за счет включений гематита). *Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая; вкус едкий.

*Твердость.* 1,5—2.

*Плотность.* 1,97—1,99. *Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Кубы.

*Кристаллическая структура.* Кристаллическая решетка аналогична решетке каменной соли. *Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический —  $m\bar{3}m$ .

*Спайность.* Весьма совершенная по кубу (100).

*Агрегаты.* Большинство в виде плотных, зернистых масс.

*П. тр.* Легко плавится (при 800 °С), в воде легко растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Галит, каинит, кизерит, карналлит и другие соли.

*Сходные минералы.* Галит (каменная соль).

*Практическое значение.* Важная соль калия (калийное удобрение)! Применяется также в медицине, пиротехнике, фотоделе, в производстве красок и для других целей.

*Происхождение и месторождения.* Сильвин вместе с га-литом кристаллизуется при испарении соляных озер (или участков моря), в fumarолах и сольфатарах, образуется путем сублимации на стенках действующих вулканов (Везуви, Волкайо, Старом бол и др); кроме того, он является главным минералом в месторождениях калийных солей и часто тесно сростается с каменной солью (см. карналлит).

## 157. СКУТТЕРУДИТ

(NiCo)As<sub>3</sub>

По названию местности, где минерал был впервые найден (Скуттеруде, южная Норвегия)

Минералы группы скуттерудита: *смальтин*, CoAs<sub>3-2</sub>, синоним: шпейсовый кобальт (смальта — синяя кобальтовая краска); *хлоантит*, NiAs<sub>3-2</sub>, синонимы: белый никелевый колчедан, никельскуттерудит (греч «хлэятэс» — зеленеющий) — по вторичным зеленым минералам, связанным с минералами этой группы (ошибочно)

### ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ СКУТТЕРУДИТА (%)

Элементы	Скуттерудит	Смальтин	Хлоантит
Мышьяк (As)	76,4-72,9	71,6—63,4	73,5-71,11
Сера (S)	0—1,7	0—1,4	0—0,6
Кобальт (Co)	20,5—13,8	24,1—13,8	3,6—6,3
Никель (Ni)	0—9,4	1,0—15,0	21,2—14,5
Железо (Fe)	0-5,8	1,2-7,3	2,8—5,2

*Цвет.* Оловянно-белый, часто с красноватой побежалостью.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная.

*Твердость.* 6.

*Плотность.* 6,8.  
*Излом.* Раковистый.  
*Сингония.* Кубическая.  
*Класс симметрии.* Дододекаэдрический —  $m\bar{3}$ .  
*Форма кристаллических выделений.* Плотные, грубозернистые массы.  
*Кристаллическая структура.* Атомы мышьяка образуют в решетке группы  $As_4$ . Элементарная ячейка содержит 8 атомов кобальта, которые расположены в центрах малых кубов, и 6 групп  $As_4$ .  
*Спайность.* Ясная по кубу (100).  
*Агрегаты.* Плотные, грубозернистые.  
*П. тр.* Сплавляется в магнитный королек (с сильным запахом чеснока).  
*Поведение в кислотах.* Растворяется в азотной кислоте.  
*Сопутствующие минералы.* Смальтин, хлоантит, пирротин, амфибол, грянат и др.  
*Сходные минералы.* Никелин, раммельсбергит.  
*Практическое значение.* Рудный минерал кобальта и никеля.  
*Происхождение.* Минерал образуется в высокотемпературных гидротермальных условиях.  
*Месторождения.* Особенно широко распространен в Скуттеруде (Норвегия); присутствует также в месторождении Кобальт в Онтарио (Канада); в ГДР известным районом развития скуттерудитовой минерализации являются Рудные горы, где скуттерудит встречается вместе с другими минералами кобальта в следующих месторождениях: Шнеберг, Аннаберг, Мариенберг; отмечается он также в рудных скоплениях в медистых сланцах. В ФРГ скуттерудит приурочен к гидротермальным жильным месторождениям близ Санкт-Андреасберга (Гарц), Виттихена (Шварцвальд) и др.

### 158. СМАЛЬТИН

$CoAs_3-2$

*Синонимы:* шмальтин (по А. Г. Бетехтину. — *Ред.*), шпейсовый кобальт (ом. скуттерудит)  
*Цвет.* Оловянно-белый с темно-серой побежалостью.  
*Блеск.* Металлический.  
*Прозрачность.* Непрозрачный.  
*Черта.* Серовато-черная.  
*Твердость.* 5—6.  
*Плотность.* 6,4—6,9.  
*Сингония.* Кубическая.  
*Класс симметрии.* Дододекаэдрический —  $m\bar{3}$ .  
*Форма кристаллических выделений.* Кубики, часто растрескавшиеся и искривленные, плотные массы, почковидные образования.  
*Кристаллическая структура.* См. скуттерудит.  
*Спайность.* Заметная, особенно в кристаллах зонального строения.  
*П. тр.* Сплавляется в магнитный королек.  
*Поведение в кислотах.* Растворяется в азотной кислоте.  
*Сопутствующие минералы.* Самородный висмут, уранинит, самородный мышьяк, никелин и др.  
*Сходные минералы.* Лёллингит, арсенопирит, скуттерудит.  
*Практическое значение.* Руда кобальта.  
*Происхождение.* Высокотемпературное гидротермальное (минерал катазоны).  
*Месторождения.* См. скуттерудит.

### 159. СМИТСОНИТ

$ZnCO_3$

*Синоним:* цинковый шпат  
*Химический состав.* Окись цинка ( $ZnO$ ) 64,8% ( $Zn$  52%), двуокись углерода ( $CO_2$ ) 35,2%, в виде примесей нередко присутствуют железо, марганец, реже кальций, магний, иногда кобальт.  
*Цвет.* Белый, зеленоватый, буроватый, серый.  
*Блеск.* Стеклообразный, перламутровый.  
*Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный.  
*Черта.* Белая.  
*Твердость.* 5 (наиболее высокое значение из всех минералов группы кальцита), хрупкий.  
*Плотность.* 4,3—4,5.

*Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Триганальная.

*Форма кристаллов.* Редко мелкие кристаллы — ромбоэдри, скаленоэдры.

*Кристаллическая структура.* Аналогична структуре кальцита (известкового шпата).

*Класс симметрии.* Дитригонально-скаленоэдрический — 3m.

*Спайность.* Ясная по (1011).

*Агрегаты.* Чаще плотные, зернистые, лучистые, пористые, натечные формы — «сосульки», полосчатые корочки.

*П. тр.* Не плавится, растрескивается, на угле образует белый налет окиси цинка (ZnO).

*Поведение в кислотах.* Растворяется в HCl.

*Сопутствующие минералы.* Кальцит, доломит, опал, каламин (кремниевое-цинковая руда), сфалерит, малахит, азурит, церуссит, лимонит и другие минералы.

*Сходные минералы.* Кальцит, фосфорит, доломит, каламин.

*Практическое значение.* Важная цинковая руда.

*Происхождение.* Смитсонит — минерал зоны окисления свинцово-цинковых месторождений, залегающих в известняках.

*Месторождения.* Каратау, многие свинцово-цинковые месторождения в Восточном Забайкалье (СССР); Лед-вилл в шт. Колорадо, шт. Миссури (США); Тсумб (Намибия); Атика (Греция); Блейберг, Каринтия (Австрия); Раибл (Италия, Восточные Альпы); Силезия (Польша); Альтенберг (ФРГ) и др.

## 160. СОДАЛИТ



Минерал назван содалитом, так как в его состав входит натрий (греч. «сода» — натрий, «литое» — камень) Относится к группе фельдшпатоидов

*Химический состав.* Окись натрия (Na<sub>2</sub>O) 25,5%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 31,7%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 37,1%, хлор (Cl) 7,3%. Минерал представляет собой алюмосиликат натрия.

*Цвет.* Синий, серый, белый, желтоватый, бесцветный.

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5,5—6.

*Плотность.* 2,13—2,29.

*Излом.* Неровный, раковистый.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Ромбододекаэдри.

*Класс симметрии.* Гексатетраэдрический — 43m.

*Спайность.* Ясная по (110).

*Агрегаты.* Зернистые.

*П. тр.* Плавится.

*Поведение в кислотах.* Легко растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Лейцит, нефелин, санидин, плагиоклаз, авгит.

*Сходные минералы.* Лейцит, анальцит, нозеан, гаюин, лазулит, лазурит.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Содалит — породообразующий минерал горных пород, бедных кремнекислотой (нефелин-еода-литовых сиенитов, содалитовых фонолитов, содалитовых трахитов и др., которые в большинстве случаев можно идентифицировать только под микроскопом).

*Местонахождения.* Распространен в областях развития сиенитов и вулканогенных пород, например Банат (Румыния); Португалия; Гренландия; Кольский п-ов; Ла-ахерское озеро (ФРГ); Монте-Сомма, Везувий (Италия).

## 161. СПОДУМЕН



Греч. «сподуменос» — превращенный в пепел (по цвету)

Минерал группы пироксенов

*Химический состав.* Окись лития ( $\text{Li}_2\text{O}$ ) 8,1%, окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 27,4%, двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 64,5%.

*Цвет.* Бесцветный, красный, желтый, зеленый. Красиво окрашенные разности (кунцит, гидденит) относятся к драгоценным камням.

*Блеск.* Стеклообразный.

*Прозрачность.* Прозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6,5—7.

*Плотность.* 3,1—3,2.

*Спайность.* Совершенная по (110) и заметная по (100).

*Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллов.* Столбчатые, толстотаблитчатые, иногда очень крупные кристаллы.

*Кристаллическая структура.* Простые ионные цепи.

*Класс симметрии.* Призматический —  $2/m$ . *Отношение осей.*  $1,144 : 1 : 0,632$ ;  $\rho = 110^\circ 28'$ .

*Агрегаты.* Плотные, пластинчатые, шпатоподобные.

*П. тр.* Вспучивается и окрашивает пламя в красный цвет.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Кварц, альбит, турмалин, берилл, касситерит, магнетит и др.

*Сходные минералы.* Полевые шпаты, скаполит, амблигонит.

*Практическое значение.* Важная руда лития (применяемого для легирования). Прозрачные разности — драгоценные камни.

*Происхождение.* Сподумен встречается в гранитных пегматитах — так называемых сподуменовых пегматитах. *Месторождения.* Кейстоун в шт. Южная Дакота (США); Мадагаскар; Варутреск (Швеция).

## 162. СТАВРОЛИТ



Греч. «ставрос» — крест (ставролит часто встречается в виде крестообразных двойников)

*Химический состав.* Закись железа ( $\text{FeO}$ ) 15,8%, окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 55,9%, двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 26,3%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 2%.

*Цвет.* Красновато-бурый, коричневатый, черный.

*Блеск.* Стеклообразный, матовый.

*Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

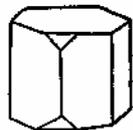
*Твердость.* 7—7,5.

*Плотность.* 3,65—3,77. *Излом.* Раковистый, неровный занозистый.

*Сингония.* Моноклиная (псевдоромбическая).

*Форма кристаллов.* Короткостолбчатые до длинностолбчатых, шестигранные столбики, особенно распространены крестообразные двойники (см. рис. на стр. 263).

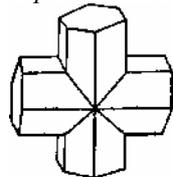
*Класс симметрии.* Призматический —  $2/m$ .



*Отношение осей.*  $0,473 : 1 : 0,341$ ;  $\rho = 90^\circ$ .

*Спайность.* Отчетливая по призме параллельно оси  $c$ .

*Агрегаты.* Главным образом отдельные кристаллы или сростки.



*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется. *Сопутствующие минералы.* Дистен, альмандин, мусковит, парагонит, кварц. *Сходные минералы.* Гранаты. *Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Минерал, образующийся в процессе ди-намометаморфизма; распространен в слюдястых

сланцах, где ассоциирует с дистеям и гранатом. Повсеместно встречается в кристаллических ядрах древних и молодых горных систем.

*Местонахождения.* В ГДР встречается в слюдяных сланцах Вальденбурга, Дёбельна, Мейсена, в Рудных горах и Тюрингенском Лесу.

### 163. СТАННИН



Лат. «стаинум» — олово. Синоним: оловянный колчедан

*Химический состав.* Медь (Cu) 29,5%, железо (Fe)

13,1%, олово (Sn) 27,5%, сера (S) 29,9%.

*Цвет.* Стально-серый до оливково-зеленого.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная.

*Твердость.* 3—4.

*Плотность.* 4,3—4,5.

*Излом.* Неровный.

*Сингония.* Тетрагональная.

*Форма кристаллов.* Псевдокубические, псевдотетраэдр-  
ческие.

*Кристаллическая структура.* Аналогична структуре халькопирита.

*Класс симметрии.* Тетрагонально-скаленоэдрический — 42m.

*Отношение осей, c/a* — 1,963.

*Спайность.* Несовершенная по (001), (ПО).

*Агрегаты.* Плотные.

*П. тр.* Плавится, на угле образует белый налет.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в  $\text{HNO}_3$  с выделением серы и двуокиси олова.

*Сопутствующие минералы.* В оловорудных жилах с халькопиритом, тетраэдритом, галенитом, сфалеритом, вольфрамитом, арсенопиритом, касситеритом, пиритом, кварцем и др.

*Сходные минералы.* Арсеногшрит, блеклые руды.

*Практическое значение.* Иногда используется в качестве оловянной руды, но роль этих руд незначительна.

*Происхождение.* В гидротермальных высокотемпературных (катазоны) оловорудных месторождениях; встречается редко.

*Месторождения.* Фрейберг, Циннвальд в Рудных горах (ГДР); Корнуэлл (Англия); встречается во многих месторождениях цветных металлов в Боливии.

### 164. СТРОНЦИАНИТ



Назван по горе Стронция в Шотландии

*Химический состав.* Окись стронция (SrO) 70,2%, двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ ) 29,8%.

*Цвет.* Бесцветный, белый, серый, желтый, зеленый.

*Блеск.* Стекланный, жирный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 3,5—4, хрупкий.

*Плотность.* 3,6—3,8.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Дипирамиды, копьевидные и игольчатые кристаллы.

*Кристаллическая структура.* Решетка типа арагонита.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *ттт*.

*Отношение осей.* 0,609 : 1 : 0,723.

*Спайность.* Проявляется редко, в этих случаях отчетливая по (110).

*Агрегаты.* Плотные, волокнистые, лучистые.

*П. тр.* При сильном прокаливании вспучивается, становясь похожим на кочан цветной капусты, ярко светится, окрашивая пламя в карминно-красный цвет.

*Поведение в кислотах.* Легко растворяется с вскипанием.

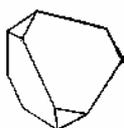
*Сопутствующие минералы.* Целестин, кальцит, пирит, халькопирит и др.

*Сходные минералы.* Арагонит, кальцит, целестин, барит, натролит.

*Практическое значение.* Используется для получения стронция.

*Происхождение.* В гидротермальных жильных месторождениях, а также осадочный в пустотах и трещинах в известняках и мергелях.

*Месторождения.* Орш штейн фур т, Клаусталь, Бад-Груяд в Гарце (ФРГ); Шохари, шт. Нью-Йорк (США).



## 165. СФАЛЕРИТ

ZnS

Греч, «сфалерос» — обманчивый. Важная руда цинка, почти неизменный спутник галенита (свинцового блеска). Сфалерит отличается сильным (алмазным) блеском и хорошей спайностью.

*Синонимы:* цинковая обманка, об.-манка

*Химический состав.* Цинк (Zf) 67;1%, сера (S) 32,9%, из примесей чаще всего присутствует железо, на долю которого может приходиться до 20%. Нередки изоморфные примеси кадмия, (до 0,5%), сотые доли процента могут составлять галлий, марганец, ртуть и другие элементы.

*Цвет.* Чаще всего серовато-бурый, коричневый, черный, реже желтый, красный, зеленый или бесцветный.

*Блеск.* Алмазный, иногда металлоидный.

*Прозрачность.* В зависимости от окраски (содержания железа) прозрачный до непрозрачного.

*Твердость.* 3,5—4, очень хрупкий.

*Плотность.* 3,9—4,2.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Тетраэдры, часты двойники (см. рисунок), додекаэдры, гексаэдры.

*Кристаллическая структура.* Аналогична структуре алмаза.

*Класс симметрии.* Гекеатетраэдрический — 43т.

*Спайность.* Весьма совершенная по ромбододекаэдру (110).

*Агрегаты.* Плотные массы; сфалерит легко распознается благодаря прекрасно выраженной спайности.

*П. тр.* Растрескивается, почти не плавится, на угле в окислительном пламени образует белый валет окиси цинка.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в концентрированной  $\text{HNO}_3$  с выделением серы.

*Сопутствующие минералы.* Галенит, халькопирит, пир-ротин, магнетит, лёллингит, арсенипирит, карбонаты, флюорит, барит и др.

*Сходные минералы.* Блеклые руды, галенит, касситерит, гранат, везувиан, вольфрамит, кристаллы сфалерита в рубашке халькозина или халькопирита.

*Практическое значение.* Сфалерит является важной рудой цинка; наряду с цинком из него получают кадмий, индий и галлий. Минерал широко распространен.

*Происхождение.* Сфалерит, большей частью в ассоциации с галенитом, широко распространен в гидротермальных месторождениях, иногда возникает хемогенно-оса-дочным путем в каменных углях.

*Месторождения.* Распространен в СССР, Китае, ЧССР, Болгарии, Югославии, Северной Америке (Канада, США), Южной Америке (Мексика, Перу), Южной Африке, Австралии. Гидротермальные жильные месторождения в Нижнем Гарце приурочены к гранитному массиву Рамберг (Гернрод, Нейдорф, Штрасберг), в Среднем Гарце — вокруг гранитного массива Броккен (Хас-сероде и др.) (ГДР); в Среднем и Верхнем Гарце близ Браунлаге, Санкт-Андреасберг, Гослар, Бад-Труид; Рамсбек, Аахен — Штольберг, Бад-Эмс (ФРГ); в саксонских Рудных горах: Фрейберг, Мариенберг, Анна-берг, железистый криеотит [В отечественной литературе Fe-сфалерит принято называть марматитом. — *Прим. перев.*] (разновидность сфалерита) в магнетитовых скарнах Брейтебрунна близ Швар-ценберга.

## 166. ТАЛЬК

$Mg_8[Si_4O_{10}][OH]_2$ , или  $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$

Древнее арабское название

Синонимы: стеатит, жировик (мыльный, или горшечный, камень)

*Химический состав.* Окись магния ( $MgO$ ) 37,7%, двуокись кремния ( $SiO_2$ ) 63,5%, вода ( $H_2O$ ) 4,8%, в виде примеси окись алюминия ( $Al_2O_3$ ), иногда примесь окиси никеля ( $NiO$ ).

*Цвет.* Белый, желтоватый, серый, зеленоватый.

*Блеск.* Стекланный, перламутровый.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая, землистая.

*Твердость.* 1; на ощупь жирный, шероховатый.

*Плотность.* 2,7—2,8.

*Излом.* Занозистый, неровный.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Таблички, псевдогексагональные листочки.

*Кристаллическая структура.* Слоистая решетка с гексагональным и псевдогексагональным строением.

*Класс симметрии.* Призматический —  $2/m$ .

*Отношение осей.* 0,577 : 1 : 2,084;  $\rho = 99^\circ 55'$ .

*Спайность.* Весьма совершенная параллельно базальной плоскости (001).

*Агрегаты.* Листоватые, чешуйчатые, часто плотные (стеатит, горшечный камень).

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Хлорит, кальцит, магнезит, кварц.

*Сходные минералы.* Серицит, гипс, хлорит.

*Практическое значение.* Важное минеральное сырье! Плотные сорта талька (стеатит, жировик) находят применение в керамической промышленности для изготовления изоляторов, чистые сорта талька используются в фармацевтической промышленности для приготовления пудры, паст и т. д., в косметике тальк применяется в производстве губной помады, грима и т. п., в бумажной промышленности — при изготовлении глянцевого мелованной и особой (утяжеленной) бумаги. Тальк используется также в качестве наполнителя и как смазочный материал в резиновом производстве, при изготовлении огне- и светоустойчивых красок, при обогащении руд (в качестве минерала-носителя, обеспечивающего уменьшение потерь при обогащении руд полезным компонентом) и для других целей.

*Происхождение.* Образуется в процессе замещения минералов, богатых магнием (оливина, пироксенов, доломита).

*Месторождения.* Крупное месторождение Шабровское, южнее Свердловска (СССР); Индия; Египет; Медок (Канада); Трансильванские Альпы (Румыния); в долине р. Циллер, Гёпфенгрюн в горах Фихтель, в Тироле и других местах (ФРГ); в ГДР Цеблиц в Рудных горах (в серпентинитах), близ Глаухау недалеко от Лобздорфа, где тальк встречается в ассоциации с магнезитом.

## 167. ТЕННАНТИТ

$Cu_{12}As_4S_{13}$ , или  $3Cu_2S \cdot As_2S_3$

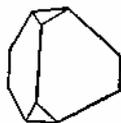
Назван по фамилии английского химика С. Тенианта (1761—1815)

Синоним: мышьяковая блеклая руда

*Химический состав.* Ср. с тетраэдритом.

*Цвет.* Темный, стально-серый, черноватый, сине-серый.

*Блеск.* Металлический.



*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Красноватая, бурая, вишневая.

*Твердость.* 4.

*Плотность.* 4,4—4,9.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Тетраэдры, ромбоэдры, додекаэдры.

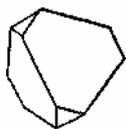
*Кристаллическая структура.* Сложная.

*Класс симметрии.* Гекеатетраэдрический — 43m. *Спайность.* Отсутствует. *Агрегаты.* Плотные.

*П. тр.* Легко сплавляется в серый королек; при этом мышьяк и сурьмя улетучиваются в виде дыма ( $As_2O_3$ ) и ( $Sb_2O_3$ ).

*Поведение в кислотах.* Разлагается в  $HNO_3$  с выпадением серы и окиси трехвалентного мышьяка ( $As_2O_3$ ). *Сопутствующие минералы.* Халькопирит, галенит, сфалерит, пирит, энаргит, борнит и др. *Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение и местонахождение.* Иногда образует выделения в эффузивных (вулканический) или интрузивных (гидротермальный) породах. Месторождения те же, что и у тетраэдрита.



## 168. ТЕТРАЭДРИТ



Назван по тетраэдрической форме кристаллов, которые отличаются от кристаллов других минералов семейства блеклых руд своей огранкой

*Синонимы:* блеклая руда, сурьмяная блеклая руда

*Химический состав.* Среди блеклых руд по содержанию различных элементов выделяют *теннантит*,  $Cu_{12}As_4Si_3$ , — мышьяковая блеклая руда и *тетраэдрит*,  $Cu_{12}Sb_4Si_3$ , — сурьмяная блеклая руда. В природе наибольшее распространение имеют смешанные «блеклые руды»,  $Cu_{12}(As, Sb)_4Si_3$ . Все минералы и их разновидности, относящиеся к этой группе, характеризуются многими общими физическими свойствами. Как видно из нижеследующей таблицы, в химическом составе различных блеклых руд наблюдаются колебания в содержании отдельных компонентов (в %).

Медь (Cu)	22—53	Кобальт (Co)	0—4,2
Серебро (Ag)	0—36	Марганец (Mn)	0—1,5
Цинк (Zn)	0—9	Мышьяк (As)	0—20,0
Железо (Fe)	0—4,5(13,07)	Сурьма (Sb)	0—29,0
Ртуть (Hg)	0—17,0	Висмут (Bi)	0—13,1
Никель (Ni)	0—3,5	Сера (S)	20,6—29,1

Как показывает обзорная таблица, при замещении меди в большей или меньшей степени серебром, цинком, железом, ртутью, сурьмой, мышьяком, висмутом и в меньшей мере олова, германия и серы — теллуrom могут образоваться смешанные кристаллы. Разновидности: *фрейбергит* — тетраэдрит, богатый серебром; *зандбергерит* — теннантит (или тетраэдрит), богатый цинком; *ферротетраэдрит* с содержанием железа до 13,08%; *ферротеннантит* и др.

*Цвет.* Стально-серый, железно-черный (темнее, чем теннантит), с пестрой побежалостью; кристаллы, покрытые тонкой пленкой халькопирита, имеют латунно-желтый цвет.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная, иногда буроватая или вишневая (у тениантита при легком царапанье).

*Твердость.* 3,5—4,5, хрупкий.

*Плотность.* 4,4—5,4.

*Излом.* Раковистый до неровного.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Тетраэдры, додекаэдры, ромбододекаэдры.

*Кристаллическая структура.* Сложная.

*Класс симметрии.* Гексатетраэдрический — 43т.

*Спайность.* Почти отсутствует.

*Агрегаты.* Плотные, зернистые, сливные, часто обнаруживают треугольную штриховку.

*П. тр.* На угле блеклые руды легко дают серый королек; при этом выделяются мышьяковый ( $As_2O_3$ ) и сурьмяный ( $Sb_2O_3$ ) возгоны.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в  $HNO_3$  с выделением серы и окиси сурьмы ( $Sb_2O_3$ ); в зависимости от колебаний химического состава меняется и отношение к реагентам.

*Сопутствующие минералы.* Пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, прустит, бурнонит, малахит, азурит, карбонаты, кварц и др.

*Сходные минералы.* Халькозин (медный блеск).

*Практическое значение.* Блеклые руды редко образуют крупные скопления; в случае значительных концентраций они входят в состав медных руд вместе с другими минералами меди.

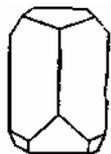
*Происхождение.* Тетраэдрит — самый распространенный минерал из числа блеклых руд, встречающихся в гидротермальных медных месторождениях. В зоне окисления блеклые руды легко разлагаются с образованием таких минералов, как ковеллин, малахит, азурит, лимонит. Месторождения, содержащие в составе руд минералы блеклых руд, пользуются широким распространением.

*Месторождения.* В ГДР минералы этой группы, в том числе богатый серебром фрейбергит, встречаются в многочисленных свинцово-цинково- (серебряных) месторождениях: Фрейберг, Мариенберг, Аннаберг, Садисдорф, Нидерпёпель, Шарфенберг (Рудные горы), близ Хоэвд-штейн-Эрнстстала (саксонские Гранулитовые горы) и др., в рудных жилах Среднего Гарца и в Нейдорфе (Пфаф-фенберг) близ Харцгероде, между Швандой и Вольф-сберггом, в Камсдорфе (Тюрингия) и в других месторождениях; Санкт-Андреасберг, Роммельсберг, Клаусталь (Гарц) (ФРГ); минерал широко распространен в месторождениях СССР, ЧССР, США.

## 169. ТИТАНИТ



Синоним: сфен (от греч. «клин» — назван по форме кристаллов)



*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 28,6%, двуокись титана (TiO<sub>2</sub>) 40,8%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 30,6%.

*Цвет.* Серый, желтый, бурый, зеленый, реже розовый, красный, черный.

*Блеск.* Алмазный, алмазно-жирный.

*Прозрачность.* Полупрозрачный, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5—6.

*Плотность.* 3,29—3,56.

*Излом.* Раковистый, минерал хрупкий.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые, клиновидные, реже призматические, игольчатые.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,752 : 1 : 0,853;  $\alpha = 119^\circ 43'$ .

*Спайность.* Несовременная по (110), (111).

*П. тр.* Плавится с трудом.

*Поведение в кислотах.* Разлагается частично или полностью в горячей кислоте.

*Сопутствующие минералы.* Полевые шпаты (альбит, адуляр), кварц (горный хрусталь), ильменит, рутил, амфибол, нефелин, эгирин, циркон, апатит.

*Сходные минералы.* Аксинит.

*Практическое значение.* Не имеет.

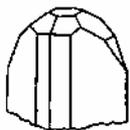
*Происхождение и местонахождения.* Титанит — распространенный акцессорный минерал магматических пород — гранитов, сиенитов, трахитов, андезитов. Характерные мелкие кристаллы сфвн встречаются в сиенитах (сиенит-диоритах) между Дрезденом и Фрейталем (Плауэнский грунд), близ Дрездена и Мейоена. В виде хорошо образованных кристаллов титанит встречается в альпийских жилах, гнейсах, слюдяных и хлоритовых сланцах, амфиболитах. Еще шире он распространен в щелочных породах: Ильменские горы (Урал), Кольский п-ов (СССР); Альпы (район Сен-Готтарда). Встречается во многих других районах земного шара.

## 170. ТОПАЗ



Фтор-алюминиевый силикат Назван по острову Топазис в Красном море

*Химический состав.* Глинозем (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 48,2—62,0%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 28,2—39,0%, фтор (F) 13,0—20,4%, вода (H<sub>2</sub>O) до 2,45%.



*Цвет.* Бесцветный, водяно-прозрачный (редко), большей частью светло-желтый, винно-желтый, соломенно-желтый, розовый, красный, зеленый, голубой, фиолетовый.

*Блеск.* Стеклообразный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 8.

*Плотность.* 3,52—3,57.

*Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* В пегматитах кристаллизуются богатые гранями кристаллы, в грейзшах топаз образует столбчатые агрегаты, а также плотные массы, называемые пикнитом [В отечественной литературе пикнитом чаще называют пластинчатые агрегаты топаза. — *Прим. перев.*].

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *ттт*.

*Отношение осей.* 0,528 : 1 : 0,955.

*Спайность.* Совершенная по базису (001).

*Агрегаты.* Плотные, лучистые.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Турмалин, слюда, берилл, розовый кварц, дымчатый кварц, полевой шпат, касситерит, вольфрамит и др.

*Сходные минералы.* Фенакит, корунд, арагонит, датолит, берилл.

*Практическое значение.* Красивые кристаллы топаза относятся к драгоценным камням, их шлифуют и используют в ювелирном деле. Находки топаза в речных россыпях указывают на возможное присутствие в окрестностях касситерит-вольфрамятовых месторождений.

*Происхождение.* Топаз — минерал пегматитов, в частности топазовых пегматитов.

*Месторождения.* В ГДР Шнекенштейн в долине Танненберг, шток цвиттеров Альтенберг, гора Грейфенштейн близ Гейера, гранитный массив Эйбеншток и другие месторождения Рудных гор; в гранитных пегматитах Пени га, Хартмансдорфа, Лимбаха, Курсдорфа, Мюлау и в других местах саксонских Грянулитовых гор. Крупные месторождения топазов имеются на Урале близ Свердловска, в Ильменских горах, в районе рек Каменки и Санарки (СССР); Минас-Жерайс, Минас-Новас (Бразилия); Спитскоп (Намибия) и другие месторождения.

## 171. ТОРБЕРНИТ

$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_{2-n}\text{H}_2\text{O}$ , где  $n=8—12$

Назван, по имени химика Тор берма Бергманна. Синонимы: медно-урановая слюдка, медный уранит

*Химический состав.* Окись меди (CuO) 7,73%, триоксид урана (UO<sub>3</sub>) 57,5%, пяггиокись фосфора (?2O<sub>5</sub>) 14,5%, вода (H<sub>2</sub>O) 20,3% (ср. с отшитом).

*Цвет.* Изумрудно-зеленый (более густой, чем у отшита).

*Блеск.* Стеклообразный, на плоскостях спайности перламутровый.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Светло-зелена я, яблочно-зеленая.

*Твердость.* 2—2,5.

*Плотность.* 3,3—3,6.

*Сингония.* Тетрагональная.

*Форма кристаллов.* Тонкопластинчатые, листоватые, нередко землистые массы, почти всегда в сростании с отенитом.

*Класс симметрии.* Дитетраганально-бипирамидальный — 4/mmm.

*Отношение осей, c/a=2,904.*

*Спайность.* Весьма совершенная перпендикулярно оси *c*, по базису (001).

*Агрегаты.* Чешуйчатые, листоватые. *П. тр.* Сплавляется в черный королек.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в HNO<sub>3</sub>, при добавлении аммиака раствор окрашивается в синий цвет (при наличии меди), прт.1 этом выпадает желтый осадок.

*Сопутствующие минералы.* Отенит, урановая охра, лимонит, гематит, кварц.

*Сходные минералы.* Отенит (имеет желтую черту); торбернит сильно радиоактивен.

*Практическое значение.* Руда урана.

*Происхождение и месторождения.* Развивается в зоне окисления урановых месторождений. Широко распространен, хотя и в небольших количествах, в минерализованных трещинах пород; крупные скопления этого минерала известны в Шииколобве (Центральная Африка); в гранитах и гнейсах саксонских Рудных гор— в Шне-берге, Шварценберге, Ауэ, Циншальде и в других месторождениях.

## 172. ТРЕМОЛИТ



Назван по месту находки — Долине Тремола в Центральных Альпах (Италия) Минерал относится к группе амфиболов. Синоним: граммаит

*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 13,8%, окись магния (MgO) 24,6%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 58,8%, вода (H<sub>2</sub>O) 2,8%.

*Цвет.* Белый, серый, зеленоватый.

*Блеск.* Стеклообразный, шелковисто-стеклянный.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6, минерал хрупкий, ломкий.

*Плотность.* 2,9—3.

*Излом.* Занозистый.

*Сингония.* Моноклиная.

*Форма кристаллов.* Длиннопризматические, игольчатые, волосовидные, войлокоподобные агрегаты.

*Кристаллическая структура.* Двойные цепи (ленты) тетраэдров SiO<sub>4</sub>.

*Класс симметрии.* Вероятно, призматический—2/m.

*Отношение осей.* 0,545 : 1 : 0,292;  $\rho=104^\circ 42'$ .

*Спайность.* По призме (110).

*Агрегаты.* Лучистые.

*П. тр.* Плавится с трудом, образуя бесцветное стекло.

*Поведение в кислотах.* Слабо растворим.

*Сопутствующие минералы.* Тальк, кальцит, доломит, серпентин.

*Сходные минералы.* Волластонит, цоизит, диаспор.

*Практическое значение.* Имеет лишь тремолитовый асбест (см. асбест).

*Происхождение.* Тремолит — минерал регионального и контактового метаморфизма, распространен в кристаллических сланцах фундамента.

*Месторождения.* Важные месторождения тремолит-ас\* беста (находятся в Италии, на Балканском п-ове, в Африке и Кашле,

## 173. ТУРМАЛИН



(По-сингалезски — «турмали»)

*Химический состав.* Изменчивый; двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 30—44%, окись бора (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 8—12%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 18—44%, закись железа (FeO) + окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0—38%, окись магния (MgO) 0—25%, окись натрия (Na<sub>2</sub>O) 0—6%, окись кальция (CaO) 0—4%, вода (H<sub>2</sub>O) 1—4%. Кроме того, в состав минерала может входить «алий, литий, марганец, хром, фтор, хлор. Изменчивость химического состава обуславливает многообразие окрасок кристаллов турмалина, многие разновидности которого относятся к драгоценным камням.

*Цвет.* Черный, бесцветный, розовый, красный, темнокрасный, зеленый, темно-зеленый, глубокий темно-зеленый, темно-синий, иногда зональный. По цвету выделяются «следующие разновидности турмалина: *шерл* (железистый турмалин) — глубокого черного цвета (самая распространенная разновидность); *ахроит* — бесцветный, прозрачный; *рубеллит* — красный, темно-красный (марганцово-литиево-цезиевый турмалин); *верделит* — глубокого темно-зеленого цвета (хромовый турмалин); *индиголит* — темно-зеленый или темно-синий турмалин; *дравит* — бурая магнезиальная разновидность.

*Блеск.* Стеклообразный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 7—7,5.

*Плотность.* 2,90—3,25.

*Излом.* Раковистый, неровный, занозистый.

*Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Столбчатые, призматические, игольчатые, всегда иештрихованные (вертикальная штриховка по призме); в поперечном сечении обычно наблюдается сферический треугольник.

*Кристаллическая структура.* Двуслойные кольца из анионных радикалов с формулой  $Al_2O_3O$  (сложная).

*Класс симметрии.* Дитригонально-пирамидальный —  $3m$ .

*Отношение осей, c/a* ~0,45.

*Спайность.* Отсутствует.

*Агрегаты.* Лучистые (турмалиновое солнце).

*П. тр.* Не плавится или плавится с трудом.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется.

*Сходные минералы.* Эпидот, ильваит, изумруд, акмит, эгирин.

*Практическое значение.* Драгоценный камень.

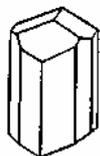
*Происхождение.* Пегматитово-пневматолитовый минерал, образующийся в остаточную стадию кристаллизации гранитного расплава. Характерен также для контакт-тово-метасоматических пород (турмалиновых сланцев), известково-силикатных пород, гнейсов и кристаллических сланцев; в гидротермальных жилах с сидеритом, магнезитом, кварцем; турмалин широко распространен, в районах развития гранитов. Особый интерес представляет драгоценный турмалин.

*Местонахождения.* Урал, Забайкалье (СССР); Мадагаскар; Сан-Диего (Калифорния); Бразилия, Спитекога (Намибия) и др. В ГДР железистый турмалин (шерл) встречается в гранитах Лаузица, гранитах Рудных гор (массив Эйбеншток) и в турмалиновых сланцах Ауэрс-берга в Фогтланде; многочисленные месторождения турмалиновых пегматитов известны также в Гранули-товых горах (Саксония) близ Пенига, в Роксбурге, в долине Хемница близ Лимбаха; наряду с шерлом там встречаются красные и зеленые турмалины. Кроме Тогов районами распространения турмалиновой минерализации являются граниты массива Броккен (Гарц) и граниты Тюрингенского Леса.

#### 174. ТЮРИНГИТ



Назван по месту находки — Тюрингии (ГДР)



*Химический состав.* Изменчивый; закись железа  $CFeO$  19,8—39,3%, окись железа ( $Fe_2O_3$ ) 7,2—31,7%, окись алюминия ( $Al_2O_3$ ) 15,6—26,1%, двубкись кремний ( $SiO_2$ ) 19,4—28,8%, вода ( $H_2O$ ) 4,6—12,2%.

*Цвет.* Темно-зеленый.

*Блеск.* Перламутровый.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Зеленоватая. *Твердость.* 2—2,5.

*Плотность.* 3,15—3,19.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Кристаллы встречаются редко.

*Кристаллическая структура.* Слоистая.

*Класс симметрии.* Вероятно, призматический —  $2/m$ .

*Отношение осей.* —0,6 : 1 — 1,6;  $\rho=97^\circ 20'$ .

*Спайность.* Совершенная.

*Агрегаты.* Плотные, состоящие из овоидов, скорлуповатые, мелкозернистые.

*П. тр.* Сплавляется в черное магнитное стекло.

*Поведение в кислотах.* Разлагается в  $HCl$ .

*Сопутствующие минералы.* Лимонит, магнетит, гранат.

*Сходные минералы.* Шамозит (богатый железом).

*Практическое значение.* В случае больших скоплений может использоваться в качестве железной руды.

*Происхождение.* Образуется как вторичный минерал в прибрежной зоне морей при дефиците кислорода, а также при гидротермальном разложении пород, богатых железом.

*Месторождения.* Шмидефельд близ Заальфельда в Тюрингии (ГДР); Венетов (ЧССР); Центральный Казахстан (СССР).

## 175. УРАНИНИТ

UO<sub>2</sub>

Синонимы: урановая смоляная руда (урановая смолка), урановая чернь

*Химический состав.* Уран (U) 88% (= 104% U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>); вследствие окисления и радиоактивного распада в минерале содержится больше кислорода, чем это соответствует формуле UO<sub>2</sub>. Минерал содержит радий (Ra), актиний (Ac), полоний (Po) и другие элементы— продукты радиоактивного распада.

*Цвет.* Черный, зеленовато-черный, иногда фиолетовый.

*Блеск.* Жирный, восковой, матовый.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Темно-зеленая до коричневатого-черной.

*Твердость.* 4—6.

*Плотность.* 6,0—10,5.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Кубы, октаэдры, ромбододекаэдры (кристаллы редки).

*Кристаллическая структура.* Кристаллическая решетка соответствует решетке флюорита.

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический — m3m.

*Спайность.* Отсутствует.

*Излом.* Раковистый.

*Агрегаты.* Плотные массы, почковидные и клубневидные образования.

*Поведение в кислотах.* В HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и H<sub>2</sub>F<sub>2</sub> растворяется легко, в HCl — очень медленно.

*Сопутствующие минералы.* Урановые слюдки (отшит, торбернит), галенит, халькопирит, молибденит, хлоантит, самородный висмут, пираргирит, барит, доломит, флюорит, сидерит, кварц и др.

*Сходные минералы.* Бурый (битуминозный) уголь, поиломелаи.

*Практическое значение.* Используется для получения радия, который содержится в уранините в количестве 3,4 г на 10 т урана; препараты радия имеют исключительно большое значение для практического использования ядерной энергии; они применяются в медицине при лечении опухолей (облучение радием) и в различных областях техники, например окрашивание стекол, изготовление светящихся циферблатов и стрелок часов.

*Происхождение.* Уранинитом нередко обогащены гранитные и сиенитовые пегматиты; он образуется пневматолитово-гидротермальным путем в рудных жилах совместно с сульфидами серебра, кобальта, никеля, висмута, меди и другими минералами. В зонах окисления уран-содержащих рудных месторождений происходит вторичное (экзогенное) обогащение уранинитом. Небогатые, но пригодные для эксплуатации залежи уранинита приурочены к углеродсодержащим осадочным породам (кремнистым сланцам). Уранинит предположительно органогенного происхождения присутствует в иглах радиолярий, сорбирующих соединения урана из морской воды; подобные концентрации возникают отчасти благодаря способности урановых соединений хорошо мигрировать в водных растворах.

*Месторождения.* Месторождения урана редки. Многочисленные месторождения были открыты во время второй мировой войны и после нее. Известные старые месторождения расположены в саксонских и богемских Рудных горах (Ауэ, Шнеберг и др.); в урановой смолке Яхимова (ЧССР) супруги Кюри открыли радий. Новые месторождения выявлены в кремнистых сланцах близ Роннебурпа (район Геры), в песчаниках Эльзанд Штейнбегирге и в других районах (ГДР); особенно крупные месторождения известны в окрестностях Большого Медвежьего озера (Канада), в Катанге (Заир), в золотоносных конгломератах Трансвааля (Южная Африка); Блайнд-Ривер (Австралия) и другие вновь открытые месторождения.

## 176. ФАЯЛИТ

Fe<sub>3</sub>SiO<sub>7</sub>

Минерал назван по вулканическому острову Файял из группы Азорских островов. Относится к группе оливина

*Химический состав.* Закись железа (FeO) 76%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 24%.

*Цвет.* Зеленовато-черный, темно-желтый.

*Блеск.* Стекланный, приближается к алмазному.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6—6,5.

*Плотность.* 4,0—4,35.

*Сингония.* Ромбическая.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *ттт*.

*Форма кристаллических выделений.* Плотные, зернистые массы.

*Отношение осей.* 1,283 : 1 : 2,206.

*Спайность.* Отчетливая по (010).

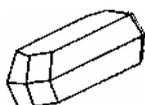
*П. тр.* Сплавляется в черное магнитное стекло.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в соляной, кислоте с выпадением желеобразного кремнезема.

*Сопутствующие минералы.* Оливин, гортонолит (богатый железом оливин).

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение и местонахождения.* Встречается в вулканических стеклах (обсидианах); в виде плотных зернистых масс отмечается по берегам оз. Байкал. В целом сравнительно редок (см. оливин).



## 177. ФИЛЛИПСИТ



Назван в честь английского минералога Дж. Филлипса Минерал относится к группе цеолитов

*Химический состав.* Окись калия (K<sub>2</sub>O) 4—11%, окись кальция (CaO) 3—8%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 22—24%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 44—48%, вода (H<sub>2</sub>O) 15—17%, окись натрия (Na<sub>2</sub>O) до 6%.

*Цвет.* Белый, серый, желтый, бесцветный.

*Блеск.* Стеклообразный.

*Прозрачность.* Просвечивающий или прозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 4—4,5, хрупкий.

*Плотность.* 2,2.

*Излом.* Неровный.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Столбчатые кристаллы, сложные двойниковые сростки.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/т.

*Отношение осей.* 0,702 : 1 : 0,605;  $\rho = 125^\circ 40'$ .

*Спайность.* Нередко проявлена слабо по (001) и (010).

*Агрегаты.* Радиально-лучистые, сферолитовые, заполнение миндалин.

*П. тр.* Сильно вспучивается вследствие потери кристаллизационной воды.

*Поведение в кислотах.* Легко растворяется в HCl.

*Сопутствующие минералы.* Гармотом. *Сходные минералы.* Гармотом, шабааит.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение и местонахождения.* Образуется гидротермальным путем при выхождении миндалин в пузырчатых лавах, например в лавах Монте-Соммы (Везувий, Италия), в базальтовых лавах Исландии и др.

## 178. ФЛОГОПИТ



или



Греч. «флэгопое» — ошеподобный (по красноватому оттенку) Синоним: магнезиальная слюда

*Химический состав.* Окись калия (K<sub>2</sub>O) 7,0—10,3%, окись магния (MgO) 21,4—29,4%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 10,8—17%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 38,7—45%, вода (H<sub>2</sub>O) 0,3—6,4%, фтор (F) до 6%; примеси: окислы железа, бария, натрия, марганца, кальция, хрома, (никеля).

*Цвет.* Бесцветный, серебристый, серый, белый, светло-желтый, бурый, темно-бурый. *Блеск.* Перламутровый.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 2—3.

*Плотность.* 2,70—2,85.

*Излом.* Минерал листоватый, гибкий.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые, короткопризматические.

*Кристаллическая структура.* Слоистая решетка.

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,577 : 1 : 1,112;  $\alpha=100^\circ 12'$ .

*Спайность.* Весьма совершенная по базису (001).

*Агрегаты.* Плотные, чешуйчатые.

*П. тр.* Плавится с трудом (1330°C).

*Поведение в кислотах.* Разлагается в горячей  $H_2SO_4$ .

*Сопутствующие минералы.* Кальцит, доломит, серпентин, апатит, диопсид, визувин и др.

*Сходные минералы.* Мусковит, парагонит, биотит.

*Практическое значение.* Крупнокристаллический флогопит (находит такое же применение, как и мусковит).

*Происхождение и типы месторождений.* Особенно часто развивается в контактово-измененных метаморфизованных доломитах (известково-силикатных породах), в серпентинитах и других метаморфических породах; присутствует в пегматитах.

*Месторождения.* Прибайкалье — пегматиты с кристаллами до 1,5 м (СССР); провинция Онтарио (Канада); Мадагаскар; Шри-Ланка; Корея; Швеция; Финляндия и др.

## 179. ФЛЮОРИТ

$CaF_2$

Синоним: плавиковый шпат (минерал, богатый фтором, металлургический флюс, добавка которого способствует быстрой плавке руд)

*Химический состав.* Кальций (Ca) 51,2%, фтор (F) 38,8%; примеси хлора, окиси железа, редких земель, иногда урана (до 1%), атомарного (газообразного) фтора и гелия.

*Цвет.* Желтый, зеленый, синий, фиолетовый, красный, розовый, фиолетово-черный, зональная окраска со сменой цветов, реже минерал бесцветный.

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Бесцветная, белая.

*Твердость.* 4, хрупкий.

*Плотность.* 3,1—3,2.

*Излом.* Ровный.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Чаще всего кубы, реже октаэдры или ромбододекаэдры, а также различные сложные комбинации: тетрагонтриоктаэдры, тетрагексаэдры, гекса-октаэдры; нередко кристаллы флюорита искажены, иногда сдвойникованы.

*Кристаллическая структура.* Кристаллическая решетка флюорита характеризуется двумя координационными числами: 8 (кальций) и 4 (фтор). Расположение ионов  $Ca^{2+}$  отвечает гранецентрированной кубической решетке. Ионы F<sup>-</sup> занимают центры всех малых кубов (табл. 1; фото 4).

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрической —  $m\bar{3}m$ .

*Спайность.* Весьма совершенная по октаэдру (111). *Агрегаты.* Плотные, массивные, шпатоподобные.

*П. тр.* Плавится с трудом, при нагревании растрескивается, обычно со свечением (флюоресценция).

*Поведение в кислотах.* Полностью растворяется только в концентрированной  $H_2SO_4$  с выделением плавиковой кислоты, разъедающей стекло.

*Сопутствующие минералы.* Молибденит, касситерит, вольфрамит, апатит, топаз, турмалин, циннвальдит, ли-тионит, шеелит, кварц, барит, сидерит, галенит, сфалерит, халькопирит, аргентит, самородное серебро и др.

*Сходные минералы.* Барит, апатит, ортоклаз. *Практическое значение.* Примерно 70% добываемого флюорита применяется в качестве металлургического флюса в производстве железа и -алюминия. В химической промышленности является важным сырьем для получения плавиковой кислоты; используется в керамическом производстве при изготовлении эмалей и глазурей. Бесцветные кристаллы находят применение в оптике.

*Происхождение и типы месторождений.* Широко распространен в месторождениях цветных металлов (полиметаллические провинции). Красивые кристаллы образуются в пустотах выполнения в виде друз совместно с другими минералами; характерно нарастание кристалликов кварца на грани флюорита. Специфической разновидностью является черно-фиолетовый флюорит — антозонит (вонючий шпат, который при раскалывании издает запах фтора). Антозонит особенно широко распространен близ Вельзендорфа в Баварии (ФРГ). *Месторождения.* Промышленные месторождения сравнительно редки. В Гарце — Штрассберг, Штольберг и другие мелкие месторождения вокруг гранитного массива Рамберг; в Тюрингенском Лесу — Либенштейн, Герен близ Ильменау; в Фогтланде — Эльсниц (Шейнбрун, Бёзенбрун); в саксонских Рудных

горах — Нидершлаг, Беренштейн, много проявлений флюоритовой минерализации наблюдается в трещинных жилах Фрейберга, Ма-риенберга, Аннаберга, Шнеберга, Ауэ, Иоганнгеорген-штадта и других районов (ГДР); Вёльзендорф (Бавария) (ФРГ). Крупные месторождения: Забайкалье (СССР); Китай; Ньюфаундленд; шт. Иллинойс (США) и др.

## 180. ФОРСТЕРИТ



Назван по фамилии минералога Форстера Минерал группы оливина

*Химический состав.* Окись магния (MgO) 57,1%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 42,9%.

*Цвет.* Желтый, оливково-зеленый, бесцветный, светлосерый.

*Блеск.* Стеклообразный.

*Прозрачность.* Прозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 7.

*Плотность.* 3,3—3,5.

*Сингония.* Ромбическая.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *mmm*.

*Форма кристаллических выделений.* Зернистые агрегаты, плотные массы.

*Отношение осей.* 1,255 : 1 : 2,151.

*Спайность.* Ясная по (010) [Обычно спайность несовершенная. — *Прим. перев.*].

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в серной кислоте с образованием студенистого осадка кремнезема.

*Сопутствующие минералы.* Магнетит, флогопит, гематит, шпинель, авгит, брукит.

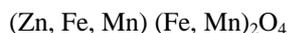
*Сходные минералы.* Светлые гранаты, оливин, везувиан и др.

*Практическое значение.* Возможно применение в качестве сырья для огнеупоров.

*Происхождение и типы месторождений.* Образуется при контактовом метаморфизме доломитовых мраморов (из-вестково-силикатных пород); известны известково-шли-катные выбросы Монте-Соммы (Везувий) (см. оливин)

*Местонахождения.* Норвегия; США и др.

## 181. ФРАНКЛИНИТ



Назван по цинково-марганцевому месторождению Франклин, шт. Нью-Джерси (США) Минерал относится к группе магнетита

*Химический состав.* Окись цинка (ZnO) 23,11%, окись двухвалентного марганца (MnO) 10,46%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 63,40%, окись трехвалентного марганца (Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 4,4%; примеси варьируют.

*Цвет.* Железно-черный. *Блеск.* Металлический. *Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Красно-коричневая. *Твердость.* 6—6,5. *Плотность.* 6,07—5,22. *Сингония.* Кубическая.

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический — *m3m*.

*Форма кристаллических выделений.* Зернистые агрегаты, плотные сплошные массы.

*Спайность.* Плохая по (111); излом раковистый.

*П. тр.* Не плавится; на угле образует с содой растворимую в соляной кислоте окись цинка (ZnO).

*Сопутствующие минералы.* Виллемит, кальцит, родохрозит, гранаты, акоинит и др.

*Сходные минералы.* Хромит, магнетит, герцинит.

*Практическое значение.* Руда цинка.

*Происхождение.* Контактный метаморфизм (мепасома-тоз) известковых пород.

*Месторождения.* Редки; наиболее известное — месторождение Франклин в шт. Нью-Джерси (США), где франклинит встречается в ассоциации с другими редкими минералами.

## 182. ХАЛЬКОЗИН



Греч, «халькос» — медь

*Химический состав.* Медь (Cu) 79,8%, сера (S) 20,2%; примеси: серебро, кобальт, никель, мышьяк, золото.

*Цвет.* Свинцово-серый, с черноватым оттенком, иногда со сталью-синей или черной побежалостью.

*Блеск.* Сильный металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Блестящая темно-серая.

*Твердость.* 2,5—3.

*Плотность.* 5,7—6,8.

*Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Редкие толстотаблитчатые и короткостолбчатые кристаллы.

*Кристаллическая структура.* Очень сложная.

*Класс симметрии.* Ромбо-пирамидальный —  $m\bar{2}$ . *Отношение осей.* 0,436 : 1 : 0,492.

*Спайность.* Весьма несовершенная по (110).

*Агрегаты.* Сплошные, мелкозернистые. *П. тр.* Плавится, окрашивая пламя в синий цвет; на угле с содой дает королек меди.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в  $HNO_3$ .

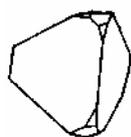
*Сопутствующие минералы.* Халькопирит, борнит, энаргит, ковеллин, тетраэдрит, пирит, малахит, азурит.

*Сходные минералы.* Темная блеклая руда, куприт, борнит, буряонит, серебряный блеск, стефанит, гематит, магнетит, хромит.

*Практическое значение.* Халькозин является важной и богатой медной рудой, иногда образует крупные месторождения.

*Происхождение.* Возникает при магматогенных процессах (пневматолитовых, гидротермальных), осаждается химическим путем в зонах цементации медно-сульфидных месторождений, образуется в биогенном круговороте серы в медоносных углеродистых породах (тип медистых сланцев).

*Месторождения.* Северный Урал, Коунрад в Казахстане (СССР); Бьютт, шт. Монтана (США); Рио-Тинто (Испания); Браде» и Чукикамата (Чили); Мансфельд, Эйслебен, Зангерхаузен (ГДР).



### 183. ХАЛЬКОПИРИТ



Греч, «халькос» — медь, «пир» — огонь

Синоним: медный колчедан (важнейшая медная руда); легко распознается по желтому цвету и низкой твердости, однозначно отличаясь этим от пирита

*Химический состав.* Медь (Cu) 34,57%, железо (Fe) 30,54%, сера (S) 34,9%; в качестве примесей могут присутствовать золото, серебро, платина и другие металлы.

*Цвет.* Латунно-желтый, с зеленым оттенком, часто с темно-желтой, черной или пестрой побежалостью.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Зеленовато-черная.

*Твердость.* 3,5—4.

*Плотность.* 4,1—4,3.

*Излом.* раковистый, неровный.

*Сингония.* Тетрагональная.

*Форма кристаллов.* Тетрагональная (псевдотетраэдрическая); грани главного тетраэдра матовые или покрыты штриховкой.

*Кристаллическая структура.* Тетрагональная решетка.

*Класс симметрии.* Тетрагонально-скаленоэдрический —  $42m$ .

*Отношение осей, c/a* = 1,966.

*Спайность.* Редко по (111), (201).

*Агрегаты.* Сплошные, почковидные, мелкозернистые, плотные.

*П. тр.* Плавится, при нагревании растрескивается, сплавляется в черный магнитный шарик; в закрытой стеклянной трубочке появляется налет серы.

*Поведение в кислотах.* В  $HNO_3$  медный колчедан постепенно разлагается с выделением серы.

*Сопутствующие минералы.* Галенит, сфалерит, пирит; часто встречается в ассоциации с

новообразованными минералами зоны окисления — малахитом, азуритом, лимонитом, карбонатами, кварцем (ячеистыми, разъеденными).

*Сходные минералы.* Пирит, марказит, магнитный колчедан, золото, блеклая руда, сфалерит.

*Практическое значение.* Халькопирит является одной из наиболее часто встречающихся и важных медных руд (мировая добыча примерно 2 млн. т в год) и вместе с никелевым колчеданом образует редкие, но довольно значительные медно-никелевые месторождения.

*Происхождение.* Халькопирит образуется 1) собственно магматическим путем вместе с пентландитом, пирротином, сперрилитом и другими минералами норитов; 2) при пегматитово-лнвматолитовых процессах в жилах с медным блеском, пиритом; 3) в гидротермальных жилах и в массивных скоплениях (рудные линзы) и вкраплениях с пиритом и другими минералами; 4) оса-дочно-сингенетическим путем в глинистых сланцах с галенитом, сфалеритом и другими минералами (так называемые смешанные руды).

*Месторождения.* Садбери (Канада); Урал, Закавказье, Кузнецкий Алатау, Казахстан, Норильск и другие районы (СССР); Бингем, шт. Юта (США); Чукикамата (Чили); Катанга (Заир), Замбия (Южн. Африка); Рио-Тинто (Испания); Бор (Югославия); Мирдита (Албания); Сулихьельма (Норвегия); Фалун (Швеция); Раммельсберг близ Гоелара (ФРГ); многочисленные проявления в контактово-измененных породах вокруг гранитов Рамберг и Броккем в Гарце, в гидротермальных месторождениях и месторождениях вкрапленных руд в саксонских Рудных горах: Фрейберг, Аннаберг, Иоганн-георгенштадт, Садисдорф, Побершау, в скарнах Брейтенбрумна, Шмальцгрубе, Шварценберг, Бергисхюбель и др., осадочный мелкозернистый халькопирит в медистых сланцах Мансфельда, Эйслебена, Зангерхаузена (ГДР) и другие многочисленные месторождения.

## 184. ХЛОАНТИТ

Синоним: никелевый скуттерудит

*Цвет.* Оловянно-белый.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Серо-черная.

*Твердость.* 5 — 6.

*Плотность.* 6,4 — 6,9.

*Сингония.* Кубическая.

*Класс симметрии.* Дидодекаэдрический — m3.

*Форма кристаллических выделений.* Кубики, часто искривленные, растрескавшиеся; сплошные, почковидные массой.

*Кристаллическая структура.* См. скуттерудит.

*Спайность.* Мнимая благодаря зональному строению.

*П. тр.* Сплавляется в магнитный шарик.

*Поведение в кислотах.* Растворяется в HNO<sub>3</sub>.

*Сопутствующие минералы.* Висмут и уранинит, мышьяк, никелин и др.

*Сходные минералы.* Лёллингат, арсенипирит, скуттерудит.

*Практическое значение.* Руда никеля.

*Происхождение.* Высокотемпературное гидротермальное (минерал катазоны).

*Месторождения.* См. скуттерудит.

## 185. ХЛОРИТЫ

Группа минералов, по свойствам похожих на слюду

Греч, «хлорос» — зеленый

Хлориты образуют группу минералов, которые внешне весьма сходны; они пользуются очень широким распространением, в качестве породообразующих минералов зеленых сланцев, филлитов, хлоритовых гнейсов, диабазов, спилитов, кератофилов и др. К группе хлоритов относятся паннин, клинохлор, прохлорит, кеммерерит, ко-чубейт, шамозит, тюрингит и другие более редкие минералы.

В их химическом составе наблюдаются значительные колебания в содержании окислов магния, железа и алюминия, а также кремнекислоты и воды. Химический состав хлоритов сложен; как и у слюды, хлориты характеризуются слоистой решеткой.

### МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ ХЛОРИТОВ

Пеннин, (Mg, Fe)Al[AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>] [OH]<sub>8</sub> Клинохлор, (Mg, Fe)<sub>4,75</sub>Al<sub>1,25</sub>[Si<sub>2,75</sub>Al<sub>1,25</sub>O<sub>10</sub>] [OH]<sub>8</sub> Прохлорит, (Mg, Fe)<sub>4(5)</sub>Al<sub>1(6)</sub>[Al<sub>1,5</sub>Si<sub>2,5</sub>O<sub>10</sub>] [OH]<sub>8</sub> Шамозит (Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Al)<sub>3</sub>[(OH)<sub>2</sub>/Al<sub>1-2</sub>Si<sub>3-2</sub>O<sub>10</sub>] (Fe<sup>2+</sup>, Mg, Fe<sup>3+</sup>)<sub>3</sub> Тюрингит (OH, O)<sub>e</sub> (иногда важная железная руда) Никелевый хлорит, (Mg, Ni)<sub>3</sub>(Mg, Ni, Al)<sub>3</sub>[(OH)<sub>8</sub>/(Al, Si)Si<sub>3</sub>O<sub>10</sub>] Кеммерерит-

пеннин, в котором алюминий замещен хромом (5% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Кочубейт-клинохлор, в котором алюминий замещен хромом (до 8% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

## 186. ХРИЗОБЕРИЛЛ



Греч, «хрисос» — золото

*Химический состав.* Окись бериллия (BeO) 19,8%, глинозем (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 80,2%; примеси: окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 3,5—6%, окись хрома (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) до 0,4% (придает изумрудно-зеленую окраску драгоценному камню александриту)

*Цвет.* Зеленый, желтый. *Блеск.* Стеклянный, жирный.

*Прозрачность.* Прозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 8,5.

*Плотность.* 3,7.

*Сингония.* Ромбическая (псевдогексагональная).

*Класс симметрии.* Ромбо-бишфамидальный — *ттт.* *Отношение осей.* 1,237 : 1 : 2,124.

*Агрегаты.* Зернистые.

*Спайность.* Средняя; раковистый излом.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Нерастворим.

*Сопутствующие минералы.* Берилл, фенакит, граиат, турмалин.

*Сходные минералы.* Берилл, апатит.

*Практическое значение.* Иногда как руда бериллия; драгоценный камень (александрит).

*Происхождение.* Пегматитовое (гидротермальное) в слюдяных сланцах, гнейсах, гранитах; в гранитных пегматитах; в россыпях.

*Месторождения.* СССР; шт. Минас-Жерайс (Бразилия); Шри «Панка».

## 187. ХРОМШПИНЕЛИДЫ



Греч, «хрома» — цвет

Группа минералов, кристаллизующихся из магмы. Несмотря на различия химического состава (в хромшпинелидах могут колебаться содержания всех химических компонентов — двухвалентного магния и железа, трехвалентных хрома, алюминия и железа), их невозможно идентифицировать без помощи химического анализа.

В группу хромшпинелидов входят следующие минералы:

Хромит, FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> или FeO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Магнезиохромит, MgCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> или MgO-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Алюмохромит, Fe(Al, Cr)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, или FeO-(Al, Cr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Пикотит, (Mg, Fe)(Al, Cr, Fe)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, или (Mg, Fe)O-(Al, Cr, Fe)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, %

Окись хрома, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 18—62 Окись железа, FeO 0—18 Окись магния, MgO 6—16

Окись алюминия, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0—33 Окись железа, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2—30

Кроме того, в хромшпинелидах присутствуют окись титана (TiO<sub>2</sub>) до 2%, окись ванадия (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) до 0,2%, окись марганца (MnO) до 1%, окись никеля (NiO) десятые доли процента и окись кобальта (CoO) сотые доли процента.

*Цвет.* Черный.

*Блеск.* Металлический, жирный.

*Прозрачность.* Непрозрачные, в очень тонких осколках (0,03—0,02 мм) просвечивают темно-красным.

*Черта.* Бурая. *Твердость.* 5,5—6.

*Плотность.* 4,5—4,8.

*Излом.* Неровный, раковистый.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллических, выделений.* Редко встречаются октаэдрические кристаллы, чаще плотные зернистые агрегаты.

*Кристаллическая структура.* Такая же, как у шпинели (шпинелевая решетка).

*Класс симметрии.* Гексаоктаэдрический —  $m\bar{3}m$ .

*Спайность.* Отсутствует.

*Агрегаты.* Сплошные, зернистые.

*П. тр.* Не плавятся; перл буры или фосфорной соли после охлаждения становится изумрудно-зеленым.

*Поведение в кислотах.* Нерастворимы.

*Сопутствующие минералы.* Оливин, бронзит, уваровит (хромовый гранат), металлы платиновой группы, магнетит, кеммерерит.

*Сходные минералы.* Магнетит, франк линии т.

*Практическое значение.* Хромшпинелиды являются единственным источником получения феррохрома, используемого для изготовления высококачественных хромовых и хром-никелевых легированных сталей. Хромовые руды, бедные хромом и железом, но богатые окисью алюминия и окисью магния, используются в производстве огнеупорных материалов для футеровки печей; хромшпинелиды применяются в химической промышленности для получения различных солей хрома.

*Происхождение.* Хромшпинелиды образуются при кристаллизации ультраосновных пород (дунитов, гарцбургитов, пироксанитов). Месторождения этих минералов очень редки.

*Месторождения.* Крупнейшие месторождения находятся на Урале (СССР); на Балканском п-ове (Албания, Югославия, Греция); Турция; Бушвелдский массив (Юж-н, ая Африка); Великая дайка (Южная Родезия). В ГДР шлировые выделения хромшпинелидов иногда встречаются в серпентинизированных дунитах и гарцбургитах у Хоэнштейн-Эрнстала; в ФРГ хромит в небольших количествах содержится в гарцбургитах долины Радау близ Гарнбурга.



## 188. ЦЕЛЕСТИН

$\text{SrSO}_4$

Лат. «целестис» — небесно-голубой (целестин часто имеет голубой оттенок)

*Химический состав.* Окись стронция ( $\text{SrO}$ ) 56,4%, трех-окись серы ( $\text{SO}_3$ ) 43,6%.

*Цвет.* Белый, синий, с желтоватым, реже краеновато-бурым оттенком.

*Блеск.* Стекланный, на плоскостях спайности перламутровый, шелковистый.

*Прозрачность.* Просвечивающий, в тонких осколках прозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 3.

*Плотность.* 3,95—4.

*Излом.* Занозистый.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Таблитчатые, призматические.

*Кристаллическая структура.* Полиостью аналогична структуре барита; присутствует тот же анионный комплекс  $[\text{SO}_4]^{2-}$  и стронций (Sr) в позициях бария (Ba).

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный.

*Отношение осей.* 1,561 : 1 : 1,276.

*Спайность.* Средняя по (001), (10).

*Агрегаты.* большей частью зернистые, волокнистые, плотные. В зернистых массах отличается голубым цветом от внешне сходных карбонатов — доломита и кальцита.

*П. тр.* Обнаруживает отчетливую реакцию на стронций, сплавляясь в белый шарик и окрашивая пламя в карминно-красный цвет, особенно после смачивания  $\text{HCl}$ .

*Поведение в кислотах.* В порошке целестин растворяется в концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , при добавлении воды раствор мутнеет.

*Сопутствующие минералы.* Кальцит, арагонит, гипс, сера.

*Сходные минералы.* Криолит, гипс, барит, кальцит.

*Практическое значение.* Целестин является главным минералом для получения стронциевых солей, которые применяются в пиротехнике благодаря их способности окрашивать пламя в яркий кармишо-красный цвет, а также при производстве стекла, керамических изделий и в металлургии.

*Происхождение.* Целестин образует мощные залежи в осадочных породах — доломитах, известняках, гипсоносных глинах, мергелях и т. д. Известное целестиновое месторождение такого типа приурочено к отложениям верхнего рёта в Дорнбурге близ Йены.

*Месторождения.* Сицилия; Бристоль (Англия); различные районы СССР и др.

## 189. ЦЕОЛИТЫ

Греч. «зео» — вскипаю, «литое» — камень (по поведению перед паяльной трубкой)

Водные алюмосиликаты щелочей и щелочных земель. По своему составу они близки полевым шпатам, фельд-шпатоидам и другим силикатам, от которых отличаются особенно высоким содержанием кристаллизационной воды. Содержат следующие элементы: калий, иатрий, кальций, барий, алюминий, кремний, кислород.

Наиболее важными минералами этой группы являются анальцим, шабазит, десмин, гармотом, гейландит, еатролит, филлипсит, сколецит.

Цеолиты прежде всего приурочены к молодым базальтовым, трахитовым и фонолитовым лавам, иногда они присутствуют в гидротермальных рудных месторождениях; образование цеолитов происходит и хемогенно-осадочным путем. Цеолиты находят применение в качестве эффективных сорбентов, молекулярных сит, используемых в химической промышленности и для смягчения воды (пермутиты).

### МИНЕРАЛЬНЫЕ ГРУППЫ ЦЕОЛИТОВ

Шабазит,  $(Ca, Na_2) fAlSi_2O_6]_2 \cdot 6H_2O$  Натролит,  $Na_2[AlSi_3O_{10}] \cdot 2H_2O$  Сколецит,  $Ca[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 3H_2O$  Гейландит,  $Ca, Na_2[AlSi_3O_8]_2 \cdot 5H_2O$  Филлипсит,  $(K_2Ca) [AlSi_4O_{12}] \cdot 4,5H_2O$  Гармотом,  $(K_2Ba) [Al_2Si_6O_{14}] \cdot 5H_2O$  Десмин,  $Ca[Al_2Si_7O_{18}] \cdot 7H_2O$  (см. фото 26) Томсонит,  $NaCa_2[Al_2(Al, Si)Si_2O_{10}]_2 \cdot 5H_2O$  Ломонтит,  $Ca[AlSi_2O_6] \cdot 4H_2O$

### ЦЕОЛИТОПОДОБНЫЕ МИНЕРАЛЫ

Анальцим,  $Na[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$  Апофиллит,  $KCa_4[F/(Si_4O_{10})]_2 \cdot 8H_2O$

## 190. ЦЕРУССИТ

### $PbCO_3$

Лат. «церусса» — белила. Синоним: белая свинцовая руда

*Химический состав.* Окись свинца (PbO) 83,5% (свинец 77,5%), двуокись углерода (CO<sub>2</sub>) 16,5%.

*Цвет.* Белый, серый, черный, бурый, желтый.

*Блеск.* Алмазный, жирный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая до светло-серой.

*Твердость.* 3—3,5, очень хрупкий.

*Плотность.* 6,4—6,6.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Ромбическая.



*Форма кристаллов.* Леев до гексагональные, пластинчатые, таблитчатые, шестовые.

*Кристаллическая структура.* Такая же, как у арагонита.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный—  $m\bar{3}m$ .

*Отношение осей.* 0,608 : 1 : 0,721.

*Спайность.* Несовершенная по граням пирамиды.

*Агрегаты.* Сплошные, плотные, землистые, шестоватые.

*П. тр.* Сильно растрескивается; благодаря образованию окиси свинца желтеет.

*Поведение в кислотах.* В разбавленной HNO<sub>3</sub> происходит бурное выделение углекислоты.

*Сопутствующие минералы.* Галенит, пироморфит, англезит, кальцит, кварц.

*Сходные минералы.* Шеелит, целестин, барит, англезит.

*Практическое значение.* Важная свинцовая руда.

*Происхождение.* Главным образом в зонах окисления сульфидных евин цо во-цинковых месторождений.

*Месторождения.* В ГДР в Рудных горах: Фрейберг, Ма-риенберг, Иоганнгеоргенштадт, Шнеберг, Эйбеншток; в ФРГ многочисленные проявления в Высоком Гарце; Южный Казахстан, Забайкалье, Алтай (СССР); Колорадо (США); Брокен-Хилл, шт. Квинсленд (Австралия) и другие районы.

## 191. ЦИННВАЛЬДИТ



(Калий-литий-железистая слюда)

Названа по месту находки — Циннвальд в Рудных горах

*Химический состав.* Весьма непостоянный; различают богатые и бедные железом циннвальдиты. Окись калия (K<sub>2</sub>O) 9,5—13%, окись лития (Li<sub>2</sub>O) 1—5%, закись железа (FeO) 6—12,5%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 1—5%, вода (H<sub>2</sub>O) 0,5-1,5%, фтор (F) 1,5-8%.

*Цвет.* Серебристо-серый, сиреневый, светло-бурый, реже черный, темно-зеленый.

*Блеск.* Перламутровый.

*Прозрачность.* Прозрачный, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 2—3. *Плотность.* 2,9—3,2.

*Излом.* Минерал не ломкий; гибкий и эластичный.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Тонко- или груболистоватые кристаллы, (Сросшиеся в леев до гексагональные пакеты. *Структура.* Слоистая «решетка».

*Класс симметрии.* Призматический — 2/m.

*Отношение осей.* 0,580 : 1 : 1,108;  $\rho=100^{\circ}00'$ .

*Спайность.* Весьма совершенная по базису (001). *Агрегаты.* Плотные, листоватые, веерообразные или бо-  
чекковидные.

*Поведение в кислотах.* Разлагается.

*Сопутствующие минералы.* Кварц, касситерит, вольфрамит, шеелит, топаз (пимнит), флюорит, апатит и др.

*Сходные минералы.* Мусковит.

*Практическое значение.* Сырье для получения солей лития.

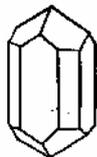
*Происхождение.* Пневматолитовый в месторождениях олова.

*Месторождения.* Альтенберг, Циннвальд (ГДР); Коряу-злл (Англия).

## 192. ЦИРКОН



Название происходит от древних персидских слов «пар» — золото и «гун» — цвет. Синоним: гиацинт



*Химический состав.* Окись четырехвалентного циркония (ZrO<sub>2</sub>) 67,1% (Zr 49,5%), двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 32,9%; примеси: гафний, иттрий, церий, фосфор, ниобий, тантал, торий, уран и другие элементы (в форме окислов).

*Цвет.* Бесцветный, желтый, оранжевый, красный, реже зеленый, темно-бурый.

*Блеск.* Алмазный, жирный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 7—8.

*Плотность.* 3,90—4,70.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Тетрагональная.

*Форма кристаллов.* Короткостолбчатые призматические кристаллы, коленчатые двойники. Встречается во многих магматических породах в виде мелких кристаллов, нередко в виде вкрапленников в биотите и роговой обманке.

*Класс симметрии.* Дитетрагонально-бипирамидальный — 4/mmm.

*Отношение осей, c/a = 0,901.*

*Спайность.* Отсутствует.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Биотит, амфибол, полевошпат, кварц, диотасид, гранат, хлорит и др.

*Сходные минералы.* Титанит (сфен.), касситерит, гранат, рутил, торит.

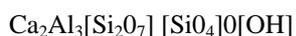
*Практическое значение.* Важное сырье для получения циркония и тория; отдельные кристаллы являются кондиционными драгоценными камнями.

*Происхождение.* Минерал образуется главным образом при высоких температурах. Акцессорный минерал прани-тов, сиенитов, диоритов; в качестве реликтового минерала встречается в орто- и парагнейсах.

*Месторождения.* Урал (СССР); Норвегия; россыпные месторождения Шри Ланки, Индии, Мадагаскара, Бразилии, Австралии; в ГДР прибрежные россыпи в Остзее, Узе дом и др.



### 193. ЦОИЗИТ



Назван по фамилии первооткрывателя барона фон Цойза

*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 24,6%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 33,9%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 39,5%, вода (H<sub>2</sub>O) 2,0%.

*Цвет.* Серый, зеленый, красный (тулит).

*Блеск.* Стеклоанный, перламутровый.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 6.

*Плотность.* 3,25—3,36.

*Излом.* Неровный.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Призматические; грани обычно сильно »с штрихованы.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный — *mmm*.

*Отношение осей.* 2,879 : 1 : 1,791.

*Спайность.* Совершенная по (010), несовершенная по (100).

*Агрегаты.* Плотные, столбчатые, лучистые, шпатоподобные.

*П. тр.* Плавится с образованием белой пузырчатой массы.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Амфибол, гроееуляр, везувиан, эпидот, дистен, ортоклаз, кварц и др.

*Сходные минералы.* Тремолит.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Цоизит образуется в процессе замещения богатых кальцием минералов в гидротермальных условиях, а также при контактовом метаморфизме (в изветково-еиликаемых породах) вместе с рудными минералами (пирротин, халькопирит).

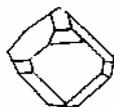
*Местонахождения.* Гора Юрма (Урал), Алтай, Забайкалье (СССР); в лорах Зауальпе (Каринтия) (Австрия); Гефрес в горах Фихтель (ФРГ); Берггизхюбель, Шварценберг, Брейтенбрунн, Обервизенталь в Рудных горах (ГДР).

### 194. ШАБАЗИТ



Греч. «хабазиос» — камень, упоминающийся в орфических гимнах Синоним: хабазит Минерал группы цеолитов

*Химический состав.* Изменчивый; приблизительный состав: окись кальция (CaO) 4—11,5%, окись натрия (Na<sub>2</sub>O) 0,2—10%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 11—18%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 46—51%, вода (H<sub>2</sub>O) 18—22%.



*Цвет.* Бесцветный, белый, с красноватым оттенком, бурый.

*Блеск.* Стеклоанный.

*Прозрачность.* Прозрачный, просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 4—5, хрупкий.

*Плотность.* 2,08—2,16.

*Излом.* Неровный.

*Сингония.* Тригональная.

*Форма кристаллов.* Ромбоэдры, «кубы», часто встречаются двойники прорастания.

*Кристаллическая структура.* Каркасная решетка.

*Класс симметрии.* Дитригонально-скаленоэдрический — 3m.

*Отношение осей, c/a*—1,086.

*Спайность.* По ромбоэдру (1010).

*Агрегаты.* Друзы (кристаллов, сплошные массы. *П. тр.* Вспучивается и плавится. *Поведение в кислотах.*

Растворяется в HCl.

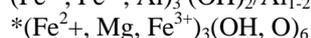
*Сопутствующие минералы.* Филлипсит, гармотом, гей-ландит, анальцим, кальцит, ортоклаз, альбит, э пидот, флюорит, дымчатый кварц.

*Сходные минералы.* Кальцит, доломит.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* В гидротермальных жилах, в пустотах базальтов, фonoлитов, андезитов, трахитов; встречается повсеместно.

### 195. ШАМОЗИТ



Назван по месту находки в Шамозон (Швейцария); богатый железом хлорит (см. тюрингит)

*Химический состав.* Изменчивый; закись железа (FeO) 34,3—43,3%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0—6%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 13—20,1%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 22,8—29%, вода (H<sub>2</sub>O) 10—13%.

*Цвет.* Зеленоватый, темно-серый.

*Блеск.* Стекланный, матовый.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Зеленовато-серая.

*Твердость.* 3.

*Плотность.* 3,03—3,40.

*Излом.* Неровный.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Кристаллы слабо развюты.

*Класс симметрии.* Вероятно, призматический.

*Отношение осей.* ~0,6 : 1 ~ 1,7; p~90°.

*Спайность.* По ромбоэдру ясная.

*Агрегаты.* Оолитовые, концентрически-окорупозатые, плотные, сплошные.

*П. тр.* Сплавляется в черное магнитное стекло.

*Поведение в кислотах.* Разлагается в HCl.

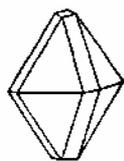
*Сопутствующие минералы.* Лимонит, машетит, сидерит, кальцит, галенит, пирит.

*Сходные минералы.* Тюрингит (беднее железом).

*Практическое значение.* Иногда является важной железной рудой.

*Происхождение.* Хемогшно-осадочный в зонах морских побережий, преимущественно юрского возраста.

*Месторождения.* В палеозойско-мезозойских отложениях на восточном склоне Урала, в юрских отложениях северного Кавказа (СССР); в кантоне Ури (Швейцария); в Тюрингии близ Заальфельда вместе с тюргон-гитом (ГДР).



### 196. ШЕЕЛИТ



Назван в честь немецкого химика Шееле (1742—1786)

*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 19,4%, окись шестивалентного вольфрама (WO<sub>3</sub>) 80,6%; примеси: редкие земли цериевой группы.

*Цвет.* Серый, желтый, зеленовато-желтый, коричневый, иногда красный, реже бесцветный.

*Блеск.* Алмазный, жирный. *Прозрачность.* Просвечивающий, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 4,5—5, хрупкий.

*Плотность.* 5,8—6,2.

*Излом.* Раковистый, неровный.

*Сингония.* Тетрагональная.

*Форма кристаллических выделений.* Таблитчатые, пирамидальные кристаллы, полосчатые сростки или плотные массы; отмечаются двойники.

*Кристаллическая структура.* Элементарная ячейка представлена центрированной тетрагональной призмой.

*Класс симметрии.* Тетрагонально-бипирамидальный — 4/m.

*Отношение осей.* c/a=2,171.

*Спайность.* Ясная по октаэдру (111).

*Агрегаты.* Плотные, зернистые.

*П. тр.* Плавится с трудом.

*Поведение в кислотах.* Разлагается под действием HCl и HNO<sub>3</sub> с выпадением желтой, растворимой в аммиаке вольфрамовой кислоты (H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>\*H<sub>2</sub>O).

*Сопутствующие минералы.* Молибденит, вольфрамит, кварц, известково-силикатные минералы: пироксен, гра-ват.

*Сходные минералы.* Англезит, церуссит, барит, штольцит.

*Практическое значение.* Важная руда вольфрама.

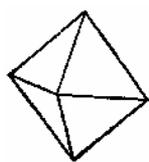
*Происхождение и типы месторождений.* Часто контактово-метасоматический в известковых породах (шеелитовых скарнах).

*Месторождения.* Кавказ, Забайкалье (СССР); контактовые месторождения западных штатов США; оловорудные месторождения саксонских Рудных гор, приконтактовая зона гранитного массива Берпнер, южнее Троена (ГДР); Корнуэлл (Англия) и в других местах (см. вольфрамит).

## 197. ШПИНЕЛЬ



Лат. «шпинус» — терн (окраска некоторых разновидностей минерала похожа на цвет ягод терновника)  
Синонимы: магнезиальная шпинель, благородная шпинель



*Химический состав.* Окись магния (MgO) 28,2%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 71,8%; примеси: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, MnO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

*Цвет.* Зеленый, синий, черный, красный (обусловлен примесями).

*Блеск.* Стеклообразный.

*Прозрачность.* Прозрачный, непрозрачный.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 8.

*Плотность.* 3,5—3,7.

*Излом.* Раковистый.

*Сингония.* Кубическая.

*Форма кристаллов.* Чаще всего мелкие октаэдры.

*Кристаллическая структура.* Шпинелевая решетка, весьма сложная.

*Класс симметрии.* Гексооктаэдрический — m3m.

*Спайность.* Отчетливая.

*Агрегаты.* Встречается только в виде отдельных зерен.

*П. тр.* Не плавится.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Пироксен, биотит, корунд, графит, доломит.

*Сходные минералы.* Фенакит, арагонит, датолит, берилл.

*Практическое значение.* Так называемая благородная шпинель является драгоценным камнем; в качестве поделочного камня для украшений используется и синтетическая шпинель.

*Происхождение.* Образуется при контактовом метаморфизме доломитов; в магматических породах и пегматитах, в пнейеах и кристаллических сланцах. *Разновидности.* *Благородная шпинель* — прозрачная, красная; *голубая шпинель* содержит до 3,5% FeO; *зеленая шпинель* (хлорошпинель) содержит до 9—15% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; *герцинит* (лат. «герцина» — горы Гарц) (ферро-шпинель), FeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, распространен в породах высокой степени метаморфизма (грауулиты); *плеонаст* (греч. «плеонзцайн» — превосходить) (цейлонит), (Mg, FeO) (Al, Fe)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, распространен в вулканических выбросах Везувия (известково-силикатных породах); *галаксит* (марганцовая шпинель), MnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, назван по месторождению Галакс в Северной Каролине (США).

## 198. ЭВДИАЛИТ



Греч. «эу» — хорошо, «диалитос» — разлагаемый

*Химический состав.* Окись (натрия (Na<sub>2</sub>O) 11,6—17,3%, окись кальция (CaO) 8,9—11,3%, двуокись циркония (ZrO<sub>2</sub>) 12—14,5%, трехокись церия, лантана и иттрия (Ce, La, Y)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,3—2,9%, закись железа (FeO) 3,1-7,1 %, окись двухвалентного марганца (MnO) 0,3—3,1%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 47,2—51,2%, вода (H<sub>2</sub>O) 0,03— 2,9%, хлор (Cl) 0,7—1,6%.

*Цвет.* Розовый, красно-розовый, [красновато-бурый, бурый, желтовато-бурый, светло-желтый.

*Блеск.* Стекланный.

*Прозрачность.* Просвечивающий.

*Черта.* Белая, светло-серая.

*Твердость.* 5—5,5.

*Плотность.* 2,84—2,98.

*Сингония.* Тригональная.

*Класс симметрии.* Дитригонально-скеленоэдрический — 3m.

*Отношение осей.* c/a = 2,107.

*Форма кристаллов.* Толстотаблитчатые, реже призматические.

*Агрегаты.* Плотные, зернистые.

*Спайность.* Хорошая.

*П. тр.* Легко сплавляется в зеленое стекло.

*Поведение в кислотах.* Быстро растворяется.

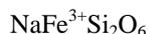
*Сопутствующие минералы.* Циркон, содалит, молибденит.

*Практическое значение.* Богатые эвдиалитом щелочные породы являются сырьем для получения циркония.

*Происхождение.* Эвдиалит приурочен к нефелиновым сиенитам.

*Местонахождения.* Кольский п-ов и др.

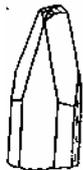
## 199. ЭГИРИН



Назван по имени исландского бога моря Эгира

Синоним: акмит

Минерал группы пироксенов



*Химический состав.* Окись натрия (Na<sub>2</sub>O) 13,4%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 34,6%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 52%; примеси: окисные соединения кальция, марганца, магния, алюминия, титана. Разновидности (смешанные кристаллы): эгирин-авгит, эгирин-диопсид, эгирия-геден-бергит.

*Цвет.* Зеленовато-черный.

*Блеск.* Стекланный, полуметаллический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Светло-зеленая.

*Твердость.* 6—6,5.

*Плотность.* 3,6—3,4.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Столбчатые, игольчатые.

*Кристаллическая структура.* Простые цепочки ионов.

*Класс симметрии.* См. авгит.

*Отношение осей.* Как у авгита.

*Спайность.* Совершенная по призме (НО).

*Агрегаты.* Сплошные, волокнистые.

*П. тр.* Легко плавится.

*Поведение в кислотах.* Слабо растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Санидин, плагиоклаз, нефелин, содалит и др.

*Сходные минералы.* Роговая я обманка (амфибол).

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Породообразующий минерал изверженных горных пород как кислого, так и основного состава: базальтов, трахитов, андезитов и т. д.; встречается также в щелочных пранитах, нефелиновых сиенитах; распространен повсеместно.

## 200. ЭНАРГИТ



Греч, «энаргис» — отчетливый (очевидно, имелась в виду совершенная спайность минерала)

*Химический состав.* Медь (Cu) 48,4%, мышьяк (As)

19,0%, сера (S) 32,6%.

*Цвет.* Стально-серый, железно-черный.

*Блеск.* Металлический.

*Прозрачность.* Непрозрачный.

*Черта.* Черная.

*Твердость.* 3,5, хрупкий..

*Плотность.* 4,4—4,5.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Столбчатые, та гранях вертикальная штриховка, реже таблитчатые.

*Кристаллическая структура.* Аналогична структуре вюртцита.

*Класс симметрии.* Ромбо-пирамидальный — mm2. *Отношение осей.* 0,870 : 1 : 0,832.

*Спайность.* Совершенная по (НО).

*Агрегаты.* Плотные массы, шпатоподобные агрегаты или вкрапленники.

*П. тр.* На угле плавится с образованием белого налета окиси трехвалентного мышьяка.

*Поведение в кислотах.* Растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Теннантит, халькопирит, пирит, борнит, галенит, малахит, азурит.

*Сходные минералы.* Манганит, сфалерит, пиролюзит.

*Практическое значение.* Минерал является важной рудой меди, в тех случаях, когда он встречается в больших количествах.

*Происхождение.* В месторождениях меди, обогащенных мышьяком и бедных железом.

*Месторождения.* Бор (восточная Югославия); Парад, горы Матра (Венгрия); Бьютт, шт. Монтана, шт. Юта, Аризона, Колорадо (США); Серро-де-Паоко (Перу); Бладен, Чукикамата (Чили); горы Сьарра-де-Фаматина близ Риохи (Аргентина); Аридад, шт. Сонора (Мекай-ка); Лусон (Филиппины); Цумеб (Намибия).

## 201. ЭНСТАТИТ



Греч, «энстатес» — противный (минерал с трудом плавится в пламени паяльной трубки) Минерал группы пироксена в

*Химический состав.* Окись магния (MgO) 30%, закись железа (FeO) 9%, окись кальция (CaO) до 2,5%, окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0,5%, окись алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 2,6%, двуокись кремния (SiO<sub>2</sub>) 54,50%.

*Цвет.* Бесцветный, зеленовато-серый.

*Блеск.* Стеклянный.

*Прозрачность.* Непрозрачный, в осколках просвечивающий.

*Черта.* Белая.

*Твердость.* 5,5.

*Плотность.* 3,1—3,3.

*Сингония.* Ромбическая.

*Форма кристаллов.* Призматические, таблитчатые.

*Кристаллическая структура.* Простые цепочки ионов.

*Класс симметрии.* Ромбо-бипирамидальный.

*Отношение осей.* 2,068 : 1 : 0,590.

*Спайность.* Хорошая по призме, угол между плоскостями спайности составляет 85°.

*Агрегаты.* Обычно плотные, зернистые.

*П. тр.* Плавится с трудом.

*Поведение в кислотах.* Не растворяется.

*Сопутствующие минералы.* Оливин, бронзит, диопсид, серпентин, рутил, хромит, магнетит и др.

[Поперечное сечение эпидота — параллелограмм, а не ромб, как у амфибола, с которым его легко спутать. — *Прим. перев.*]

*Сходные минералы.* Апатит, флогопит, гиперстен.

*Практическое значение.* Не имеет.

*Происхождение.* Породообразующий минерал основных магматических пород, обогащенных магнием, — иоритов, габбро, пироксенитов (энстатитов), а также перидотитов — гарцбургитов, дунитов, лерцолитов и др.

*Месторождения.* Хознштейн-Эрнстгаль, Вальдгейм, округ Карл-Маркс-Штадт (ГДР); Балканский п-ов; Урал, Норильск и др. (СССР). Встречается также в различных районах США и во многих других районах мира.

## 202. ЭПИДОТ

$\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3[\text{Si}_2\text{O}_7]_1[\text{SiO}_4]_0[\text{OH}]$

Греч. «эпидос» — приращение (название указывает на особенности формы кристаллов)<sup>1</sup> Синоним: пистацит

*Химический состав.* Окись кальция (CaO) 23,5%, окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 24,1%, окись железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 12,6%, двуокись кремния ( $\text{SiO}_2$ ) 37,9%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 1,9% (ор. с цоизитом).

*Цвет.* Темно-зеленый, синева-зеленый, черно-зеленый, и тогда желтый.

*Блеск.* Стеклянный.

*Прозрачность.* Прозрачный, непрозрачный.

*Черта.* Серая.

*Твердость.* 6—7.

*Плотность.* 3,25—3,38.

*Излом.* Раковистый, неровный, занозистый.

*Сингония.* Моноклинная.

*Форма кристаллов.* Призматические; грани тризмы несут штриховку, параллельную оси *c*. Хорошо образованные кристаллы характеризуются обилием граней (около 200 простых форм!); самые распространенные формы кристаллов — длиннопризматические, игольчатые или столбчатые.

*Кристаллическая структура.* Силикат с изолированными группами кремнекислородных тетраэдров. *Класс симметрии.* Призматический — 2/m. *Отношение осей.* 1 : 592 : 1 : 1,812;  $\rho=115^\circ 24'$ .

*Спайность.* Совершенная параллельно оси *B* (001) и ясная параллельно (100).

*Агрегаты.* Плотные, пластинчатые, лучистые, пучки.

*П. тр.* Плавится с образованием бурого магнитного шарика.

*Поведение в кислотах.* Растворяется с трудом.

*Сопутствующие минералы.* Хлорит, амфибол, адуляр, альбит, акеинит, диопсид, гранаты, везувиан, кварц.

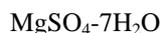
*Сходные минералы.* Актинолит, турмалин, эфирин, вил-лемит.

*Практическое значение.* Красиво ограненные прозрачные разновидности могут быть отнесены к драгоценным камням.

*Происхождение и местонахождения.* Главным образом гидротермальный в трещинах и пустотах, выполняет миндалины древних базальтовых лав (мелафиры; частично вместе с самородной медью). В качестве вторичного минерала присутствует в диоритах, габброидах, нередко в гранитах. Характерен для метасоматических пород; слагает сплошные зоны эпидозитов или входит в состав изв. ест. ково-силикатных пород и рудоносных скарнов. Эпидот широко распространен в породах «кристаллического фундамента». Известны следующие местонахождения (в том числе иногда с прекрасными кристаллами): Кнаппенванд в долинах Унтерзульцбах и Циллер (Альпы); Урал; в ГДР скарновые породы с эпи-дотом встречаются близ Шварценберга, эпидот известен также в выходах массивных пород, обнажающихся возле автомобильного моста на шоссе у Хайнихена, кристаллы эпидота найдены близ Пенига (между Волькен-бургом и Тиербахом,

округ Карл-Маркс-Штадт). Многочисленные находки отмечались в районе Лаузица в самом гранитном массиве и в многочисленных связанных с ним жилах лампрофиров. Известен эпидот и в других районах Гарца, Тюрингенского Леса и др. *Разновидности. Пьемонтит*,  $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mn})_2\text{Al}[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}[\text{OH}]$ , кальциево-марганцовиетый эпидот, образует красные или темно-красные лучистые агрегаты, встречается в мета морфозов энных месторождениях Мп, например в месторождении Сен-Марсель в Пьемонте (Швейцария); *хромэпидот (тавмавит)* содержит окись трехвалентного хрома, имеет светло-желтую до светло-зеленой окраску. Определенное родство с эпидотом имеют некоторые минералы церия и титана, такие, как *ортит*, *церит* [Структура церита,  $\text{Ce}_3[\text{SiO}_4]_2(\text{OH})$ ], пока не изучена, однако его кристаллохимическое сходство с эпидотом представляется маловероятным. — *Прим. перев.*, *перрьерит* ( $\text{Ce}_2\text{Ti}_2[\text{O}_4\text{Si}_2\text{O}_7]$ ) [Формула приближительная. Более точная формула перрьерита  $\text{A}_4\text{B}_3(\text{TiO}_4)_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2$ , где  $\text{A}=\text{Ce}, \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Th}$ ;  $\text{B}=\text{Fe}, \text{Ti}, \text{Sc}$ . — *Прим. перев.*], *нумпеллит* ( $\text{Ca}_4(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Ti})_5 \text{O}(\text{OH})_2(\text{SiO}_3\text{OH})(\text{SiO}_4)[\text{SiO}/]-2\text{H}_2\text{O}$ ). Этот минерал, имеющий сложный химический состав, встречается в месторождениях меди оз. Верхнего (США); в Южной Африке; на Урале (СССР); в кератофирах ГДР и ФРГ.

### 203. ЭПСОМИТ



Назван по минеральному источнику Эпсом в Англии. *Синоним*: горькая соль

*Химический состав*. Окись магния ( $\text{MgO}$ ) 16,3%, сульфат ( $\text{SO}_3$ ) 25,5%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 51,2%; в качестве изоморфной примеси может присутствовать закись железа

( $\text{FeO}$ ) (железистый эпсомит) или окись никеля (**NiO**) (никельэпсомит).

*Цвет*. Бесцветный, белый.

*Блеск*. Стеклообразный.

*Прозрачность*. Прозрачный.

*Черта*. Белая.

*Твердость*. 2—2,5.

*Плотность*. 1,68—1,75.

*Сингония*. Ромбическая.

*Класс симметрии*. Ромбо-двухосный — 222.

*Форма кристаллических выделений*. Выцветы, натечные образования (сосульки), зернистые, волокнистые, землистые массы, иногда кристаллы размером до 10 см.

*Отношение осей*. 0,993 : 1 : 0,571.

*Спайность*. Хорошая по (ОН); минерал очень хрупкий.

*П. тр.* При нагревании образует неплавкую белую массу, при температуре 100—238°C теряет кристаллизационную воду.

*Сопутствующие минералы*. Карналлит, кизерит, сильвин, галит, ангидрит, гипс.

*Сходные минералы*. Кизерит.

*Практическое значение*. Сырье для химической и фармацевтической промышленности.

*Происхождение*. Образуется при высыхании соляных озер, в месторождениях калийных солей.

*Месторождения*. Богатые магнием соляные озера США, Мексики, Египта, Тибета; в месторождениях калийных солей. Особенно красивые кристаллы известны в руднике калийных солей Рослебен близ Намбурга (ГДР).

### 204. ЭРИТРИН



Греч, «эритрос» — красный. *Синоним*: кобальтовые цветы

*Химический состав*. Окись кобальта ( $\text{CoO}$ ) 37,5%, окись пятивалентного мышьяка ( $\text{As}_2\text{O}_5$ ) 38,4%, вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 24,1%.

*Цвет*. Темно-розовый, малиновый, персиково-розовый.

*Блеск*. Стеклообразный, перламутровый.

*Прозрачность*. Просвечивающий.

*Черта*. Блекло-розовая.

*Твердость*. 2—2,5 (в землистых образованиях — 1).

*Плотность*. 3,07.

*Сингония*. Моноклиная.

*Форма кристаллических выделений*. Хорошо образованные кристаллы редки, чаще мелкие игольчатые или тонкопластинчатые, волокнистые, лучистые формы, почковидные образования, землистые массы.

Класс симметрии. Призматический —  $2/m$ .  
 Отношение осей.  $0,763 : 1 : 0,355$ ;  $\rho=105^{\circ}01'$ .  
 Спайность. Весьма совершенная параллельно (010).  
 Агрегаты. Лучистые, землистые.

П. тр. Сплавляется в серый шарик (с запахом мышьяка).

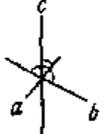
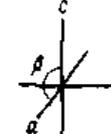
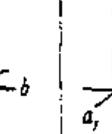
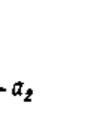
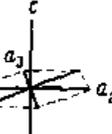
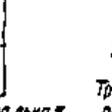
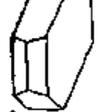
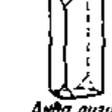
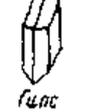
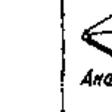
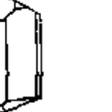
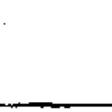
Поведение в кислотах. Растворяется в HCl, окрашивая раствор в красно-розовы и цвет.

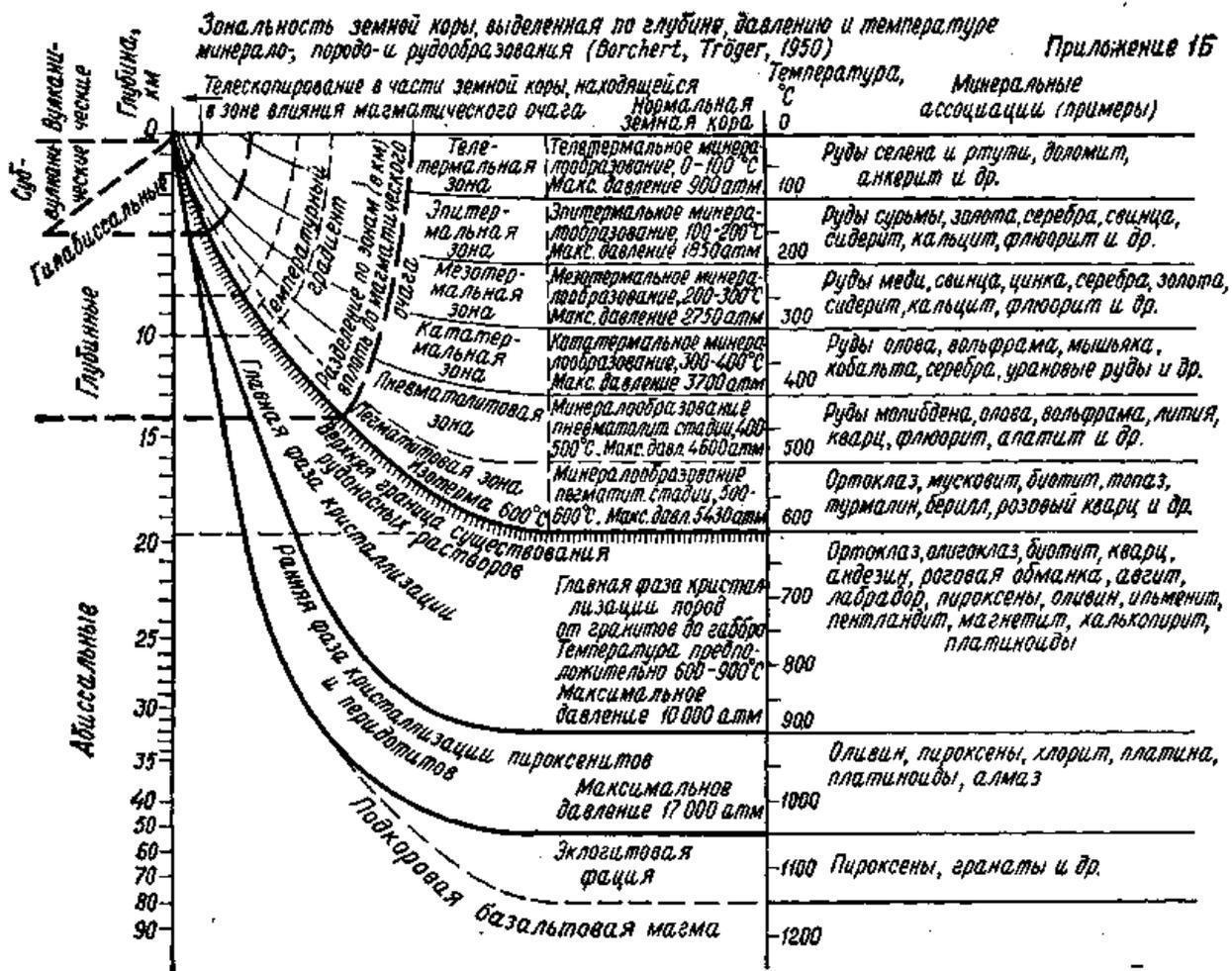
Сопутствующие минералы. Шмальтин, хлоантит, скутте-рудит.

Происхождение и месторождения. Образуется в зоне окисления кобальт-мышьяковых месторождений.

Наиболее (известные месторождения: Шнеберг, Аннаберг в саксонских Рудных горах, Заальфельд и другие месторождения (ГДР); кобальтовые месторождения СССР, Канады и других стран.

## 205. ЯХОНТ (см. корунд).

Кристаллографические сингонии						Приложение 1А
Триклинная	Моноклиная	Ромбическая	Тетрагональная	Тригональная	Гексагональная	Кубическая
 <p>Все углы различны, угол <math>\beta = 90^{\circ}</math></p>	 <p>Все углы равны <math>90^{\circ}</math></p>	 <p>Все углы равны <math>90^{\circ}</math></p>	 <p>Все углы равны <math>90^{\circ}</math></p>	 <p>Углы равны <math>90</math> и <math>60^{\circ}</math></p>	 <p>Все углы равны <math>90^{\circ}</math></p>	
 <p>Актинолит</p>	 <p>Гипс</p>	 <p>Барит</p>	 <p>Тетрагональная призма</p>	 <p>Тригональный ромбоэдр</p>	 <p>Нефелин</p>	 <p>Сфалерит</p>
 <p>Малахит</p>	 <p>Ортоклаз</p>	 <p>Андалузит</p>	 <p>Везувит</p>	 <p>Низкотемпературный кварц</p>	 <p>Высокотемпературный кварц</p>	 <p>Магнетит</p>
 <p>Родохрозит</p>	 <p>Гипс</p>	 <p>Аегирин</p>	 <p>Анатаз</p>	 <p>Турмалин</p>	 <p>Аметист</p>	 <p>Галенит</p>
		 <p>Оливин</p>			 <p>Флюорит</p>	 <p>Гранат</p>



## СПИСОК

## ЛИТЕРАТУРЫ

1. Betchtin A. G., Lehrbuch der speziellen Mineralogie, Leipzig, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1974. [Бетехтин А. Г., Минералогия, М., Гостеолиздат, 1950.]
2. Borner R., Welcher Stein ist das? Stuttgart, Francksche Verlagshandlung, 1965.
3. Hintze C., Handbuch der Mineralogie, Bd. 1—4. Verlag Walter de Gruyter and Co.
4. Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie: Neu herausgegeben von P. Ramdohr und H. Strunz. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 1967.
5. Linck G., Jung H., Grundrifi der Mineralogie und Petrographie. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag, 1960.
6. Schneiderhohn H., Erzlagerstätten. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag, 1962.
7. Schuller A., Die Eigenschaften der Minerale I. Berlin, Akademie-Verlag, 1960.
8. Strunz H., Mineralogische Tabellen. 3. Auflage. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1966.

## СОДЕРЖАНИЕ

От редакции  
 К читателям  
 Предисловие ко второму изданию  
 ВВЕДЕНИЕ В МИНЕРАЛОГИЮ  
 ОБРАЗОВАНИЕ И ОБЛИК МИНЕРАЛОВ И КРИСТАЛЛОВ  
 КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ  
 ДВОЙНИКИ.  
 ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ.  
 БОЛЕЕ СЛОЖНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

**ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ.  
ОБРАЗОВАНИЕ МИНЕРАЛОВ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ  
МИНЕРАЛЫ ОТ А ДО Я.**

**Список литературы.**

Приложение 2А. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ТВЕРДОСТИ И ЦВЕТУ** (минералы обозначены цифрами, отвечающими их порядковому номеру в справочнике)

Приложение 2Б. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ТВЕРДОСТИ И ЧЕРТЕ** (минералы обозначены цифрами, отвечающими их порядковому номеру в справочнике)

Приложение 2В. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ЦВЕТУ, ПРОЗРАЧНОСТИ, БЛЕСКУ И СПАЙНОСТИ** (минералы обозначены цифрами, отвечающими их порядковому номеру в справочнике)

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Ваши замечания о содержании книги, ее оформлении, качестве перевода и другие просим присылать по адресу: 129820, Москва, И—110, ГСП, 1-й Рижский пер д. 2, издательство «Мир».

ИБ № 1036

**Р. Юбельт**

**ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ**

Редактор М. Е. Яковенко  
Художник Е. К. Самойлов  
Художественный редактор В. К. Бисенгалиев  
Технический редактор Н. Б. Панфилова  
Корректор Т. П. Пашковская

Сдано в набор 19.12.77. Подписано к печати 27.02.78.  
Формат 84X108V32. Бумага тип. № 1. Литературная гарнитура.  
Высокая печать. 5,88 бум. л., 19,74 усл. печ. л., в т. ч. 0,84 цв.  
вкл.+ 1,68 ч/б вкл., бандероль  
Уч.-изд. л. 18,59. Зак. 2395. Цена 1 р. 80 к.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР» Москва, 1-й Рижский пер., 2

Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 113105, Нагатинская ул., д. 1.

*Приложение 2А*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ТВЕРДОСТИ И ЦВЕТУ** (минералы обозначены цифрами, отвечающими их порядковому номеру в справочнике)

*Приложение 2Б*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ТВЕРДОСТИ И ЧЕРТЕ** (минералы обозначены цифрами, отвечающими их порядковому номеру в справочнике)

*Приложение 2В*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ЦВЕТУ, ПРОЗРАЧНОСТИ, БЛЕСКУ И СПАЙНОСТИ** (минералы обозначены цифрами, отвечающими их порядковому номеру в справочнике)

**УДК 549.1**

Вторая книга из серии определителей геологических объектов, выпускаемой в ГДР (первая — «Определитель горных пород» — в русском переводе вышла в издательстве «Мир» в 1977 г.). Книга содержит краткие сведения по минералогии и кристаллографии, дает представление о внутреннем строении Земли, ее составе. Описание 205 главнейших природных минералов, в том числе рудных, составлено по единой схеме и сопровождается диагностическими таблицами.

Четкий и легкодоступный для понимания язык книги делает ее ценной не только для геологов всех специальностей, но также для массового читателя — туристов, школьников старших классов, студентов и всех любителей камня.

*Редакция литературы по вопросам геологических наук*

© 1976. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, Deutsche Demokratische Republik

Rudolf Jubelt. Mineral Bestimmungsbuch

**20805-133**

**Ю -----133-78 © Перевод на русский язык, «Мир», 1978**

**041(01)—78**

OCR Pirat

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ТВЕРДОСТИ И ЦВЕТУ

(минералы обозначены цифрами, отвечающими их порядковому номеру в справочнике)

Твердость Цвет	1.0	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5.0	5.5	6	6.5	7.0	7.5	8.0	9.0	10	
Бесцветный	83	83, 112, 156	37,62,83, 116,137,156, 203	37,50,116, 137,203	11,15,45, 116,137	11,45,81, 116,137,156, 165	11,56,148, 156,165,177, 179,194	51,72,148, 165,177,194	9,69,110, 194,196	9,69,110, 124,160	124,69,72, 124,126,141, 150,160	124,141,161	13,32,85,91, 161,173,180, 192	13,27,91, 173,192	27,170,192	93	5	
Белый	82,83	83, 112, 115	37,62,83, 115,116,178, 203	12,37,50,94, 116,178,203	12,26,45,81, 94,116,140, 178,188,190	15,20,28,39, 45,68,86, 135,140,164, 190	15,20,39,68, 104,164,177, 194	46,51,104, 177,194	9,19,46,66, 99,118,15 9, 194	9,66,99, 118,119,124	6,7,14,16, 17,31,75,97, 99,119,123, 124,126,141, 172	75,124,141	85	92		93	5	
Серовато-белый			191	44,152		71,117	117,138											
Серебряно-, оло-вяно-белый			43	44,152		71,117	117,138		58,89,101, 158,184	22,89,101, 158,160,184	22,89,157, 158,160,184							
Серый	166	23,37	23,37,43,116	37,116	26,45,81, 190,195	11,15,20,39, 45,68,116, 164,190	11,15,20,39, 68,104,164	46,104,196	46,58,99, 101,110,1 59, 169,172,1 96	22,99,101, 110,121,169, 172	16,22,31,84, 97,99,126, 150,155,169, 172,193	3,40,84,122, 155	3,13,32,84, 85,122,155, 180	13				B
Свинцово-серый	113	113	18	36,44,49, 131,182	36,49,131, 182													
Стально-серый	65	65	65,191	191	38,163	20,163,168, 200	76,138,163, 167,168	76,168	58,76			57						
Красный	82,83	25,83, 115, 145, 156	25,43,83,87, 115,145,156, 204	50,80,87, 143,204	26,80,140, 143	56,96,135, 140,148,165	56,96,148, 165,179	148,196	9,19,66,11 4, 118,169,1 96, 198	9,54,66,114, 118,124,169, 198	6,14,16,123, 124,169,193	40,57,124, 161	13,74,85, 161,173,192	13,173,192	170,192,197	93		
Розовый	115	115	62,100,115,204	100,204	100	148	148,179	148	108	108	196	40,64	13,54,173	13,27,64	27,17	93	-----	
Медно-красный					109				120	120								
Красноватый		25	25,43,62,100	94,100,131	11,81,94, 100,131	11,2	11,20,179, 194	46,194	46,89,118, 194	89,118,124	14,89,123, 124,126,157	124	173	173				
Желтый	41,82, 83,166	25,41, 83	25,37,83, 116,127	37,50,116, 127	26,45,111, 116,140,188, 190	15,20,28,39, 45,56,68,73, 81,86,111, 135,140,164, 165,168,183, 190	15,20,39,56, 68,73,104, 111,136,154, 164,165,168, 177,179,183	72,104,154, 168,177	9,59,69,99, 110,114,1 18, 119,169,1 98	9,54,59,69, 99,110,114, 118, 119,121	7,69,72,84, 99,108,124, 132,160,176, 176,202	40,84,122, 122,124,161, 176,202	13,32,85,91, 122,161,180, 192,202	13,27,91,192	27,170,186, 192	186	5	
Золотисто- медово-желтый	41	41		29,77	29	33	33,136,179			10	10,108,132	132,161	161					
Оранжевый			151									173	173,192	170,192				
Бурый		102	102,178	29,102,178	26,29,38, 102,109,178, 188,190	48,67,96, 135,148,165, 190	48,96,148, 165,194	148,194	35,47,110 114,169,1 98	10,35,47, 110,114,124, 169,198	10,35,84,97, 125,169	3,40,84,122, 124	3,13,84,122, 192	13,192	192			
Светло-бурый		25,102	25,102,116,191	102,116,191	26,102,116, 191	15,73	15,73,104	104	118,120,1 59,198	10,118,120, 124,198	10,17,124, 155	3,124,155	3,74,155, 162	162				
Желто-бурый	41	41	151			15,117	15,117,154	154	118	118,119	17,119							
Синий		90	90	50	11,188	2,11,20	2,11,20,179	72	19,3	30,54,98,160	30,31,72,97, 160	40	91	27,91	27,197	93	5	
Светло-синий	82,115	115	37,115	37	11,188	11,39	11,39,179	72	30	30,54	7,17,30,72	40	32,91	91	170	93	5	
Темно-синий, сине-зеленый		90	23,52,63,90		52,63	2,52	2,52,179		4,19,30	4,30,54,98, 105,121,124	4,30,124,202		74,85,91, 173,202	91,173		93		
Фиолетовый						2	2,179		19			3	91	91				
Зеленый	41	41,42	42,52,63, 128,171,174, 191	52,63,128, 171,174,191	52,63,163, 191	20,24,52, 163,164	20,52,163, 164		4,169	4,55,146, 169	4,7,55,75, 141,146,169, 199,202	40,75,122, 141,199,202	13,85,122, 173,180,2 02	13,27,173	27,170,186, 197			
Светло-зеленый	41,166	41,142	37,127,142	37,127		2,39,195	2,39	72	4,159	4,121,146, 201	4,14,72,75, 146,155,19 3, 202	3,75,155,202	32,155,192, 202	27,192	27,192			
Черный	65	65,102	21,65,134	21,29,36,94, 131	29,36,94, 102,131,134, 190	117,165,168, 183,190,200	107,117,134, 144,154,165, 168,175,183	144,154,168, 175	1,102,103, 134,144,1 75	1,78,105, 144,175,18 7	1,78,84,125, 134,149,17 2, 175,181,18 7	34,57,61,84, 149,161,181	34,84,161	64	93	93	5	
Темно-серый	41	41,90,142	90,128,142	12,29,128, 153,182	12,29,153, 182		179		1,103	1	1,176	61,176	85					

Приложение 2Б

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ТВЕРДОСТИ И ЧЕРТЕ**

(минералы обозначены цифрами, отвечающими их порядковому номеру в справочнике)

Твердость Черта	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	9	10
Бесцветная		42	42			165	165,179								170,197	93	5
Белая	41,82, 83,115	41,83, 112, 115, 156	23,37,43,62, 83,100,115, 116,156,173, 178,191,203	11,29,37,50, 80,94,100, 116,152,153, 178,191,203	11,26,29,45, 80,81,94, 100,116,153, 178,188,190, 191	11,15,20,28, 39,45,56,68, 73,86,135, 148,164,190	11,15,20,39, 56,68,73, 104,138,148, 164,177,179, 194	46,51,72, 104,148,177, 194,196	1,4,9,19,35, 46,66,69,99, 110,114,118, 159,169,194, 196,198	1,4,9,10,35, 66,69,99, 110,114,118, 119,124,130, 147,160,169, 198,201	1,4,7,10,14, 17,31,35,61, 69,72,75,97, 99,119,123, 124,126,130, 141,147,150, 155,160,169, 172,176,193	3,40,64,75, 84,122,124, 141,147,155, 161,176	3,13,32,64, 74,84,85,91, 122,155,161, 162,173,180, 192	13,27,64,91, 92,162,173, 192	27,170,186, 192,197	93	
Серебряно-, оловянно-белая			43	152			138										
Серая	113, 166	ИЗ	21,37	21,37,49,18	38,49,182	28,71,117	117		89,11	89,110,130	89,130,149, 202	149,202	32,202				
Светло-серая			18,43	23	190	15,20,39,73, 135,190	15,20,39,73		66,198	66,198	55		74				
Серо-черная			18	44,49	49	33	33,76	76	58,76,101,184	22,101,184	22,184						
Красная			87,204	87,131,143, 204	131,143	168	167,168	168				57			197		
Красно-бурая						96	96,167	79	79	53	79,181	57,181					
Красно-розовая			204	204													
Медно-красная					109												
Желтая		25,102	25,102,12	77,102,12	102	102,165	102,165	102	102	102							
Желтоватая	41	25,41, 102	25,51,102	77,102	102	67,102,165	102, 165	102	102	102	84,149	84,149	84				
Оранжевая		145	145	95	95	67											
Бурая		102	102	102	102	102,165	102,107,144, 154,165,167	102,144,154	59,102,144	59,102,144, 187	34,144,149, 187	149					
Светло-бурая						48,67,165	48,165		34,59	34,59	34						
Синяя						2	2										
Светло-синяя										98							
Зеленая		142	52,142,171, 174	52,171,17	52	52,106	52,106		70								
Темно-зеленоватая			174	174	195		175	175	70,175	175	175						
Зеленоватая	166		63,88,128, 171	63,88,128, 171	63,195	106,183	106,183		159	55,146	55,125,146, 199	199					
Черная	65	65,9	18,65,90,13	36,44,134	36,111,134, 163	33,111,117, 134,163,168, 183	33,111,117, 134,136,144, 163,168,194	134,144,168	47,120,134, 144	22,47,105, 120,134,144	22,34,79, 108,134,144, 157	34,124	85				
Темно-серая				49	49	129	129,175	175	58,89,101, 103,158,175, 184	22,78,89, 101,158,175, 184	22,78,89, 158,175,184		85				

Приложение 2В

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПО ЦВЕТУ, ПРОЗРАЧНОСТИ, БЛЕСКУ И СПАЙНОСТИ**

(минералы обозначены цифрами, отвечающими их порядковому номеру в справочнике)

Цвет	прозрачные	Прозрачность просвечивающие	непрозрачные	стеклянный	жирный	Блеск металлический			Иризация	Спайность совершенная (или ясная)	несовершенная	
						алмазный	перламутровый	шелковистый				
Бесцветный	5,6,9,11,12,14,16,17,19,20,27,32,45,50,51,56,62,68,69,81,85,91,99,116,119,123,124,126,150,156,160,161,164,165,170,173,177,190,192,203	5,6,9,12,14,15,16,17,19,20,23,27,28,32,37,45,50,51,56,68,81,85,91,99,116,119,123,124,126,141,150,156,160,161,165,170,177,178,196,201	6,13,14,15,16,17,23,32,72,119,123,124,126,141,150,177,196,201	6,9,11,13,14,15,16,17,19,27,32,37,45,50,51,62,68,69,72,81,85,91,99,116,119,123,126,141,150,156,160,161,164,170,173,177,201,203	11,12,19,37,69,85,91,99,119,121,123,124,164,190,192,196		5,165,190,192,196	6,11,15,16,17,56,62,68,72,116,126,141,178	20,23,62,116	14,16	5,6,11,14,15,16,17,19,23,27,37,45,50,51,56,62,68,69,70,72,81,116,119,123,126,141,150,156,160,161,165,170,178,196,201	20,91,177
Белый	5,6,7,9,12,14,16,17,19,20,26,45,46,50,51,56,62,66,68,73,81,83,86,93,112,115,116,118,119,124,137,141,156,160,164,166,178,188,190,194,203	5,6,7,9,12,14,15,16,17,19,20,23,26,31,37,39,45,46,50,51,56,62,66,68,73,75,81,83,86,93,94,97,99,97,99,104,115,116,118,119,124,141,156,159,160,166,170,172,178,188,190,194	5,6,7,14,15,16,17,23,26,31,62,71,82,85,93,97,99,119,124,126,159,166,170	6,7,9,14,15,16,17,19,20,26,31,37,39,45,46,50,51,62,66,68,73,75,81,83,85,86,93,94,97,99,104,116,118,119,126,141,156,160,164,166,172,188,194,203	12,19,31,37,83,85,97,99,119,124,164,172,190						203	
Серовато-белый	73,155	73,80,115,135,155	80,115	73,80,155	135,155	71	5,12,190	6,7,11,15,16,17,26,31,46,56,62,68,82,94,97,116,118,124,126,141,159,166,178,188	17,20,23,39,62,116,118,188,97	14,16,17,31,97	5,6,7,14,15,16,17,19,20,23,26,31,37,39,45,46,50,51,56,62,68,73,81,82,83,94,97,104,116,118,119,126,141,156,159,160,166,170,172,178,188,190,194,203	9,20,66,83
Серебряно-, оло-вянно-белый			22,44,58,71,89,101,117,138,152,157,158,184,216	7	11	22,44,58,71,89,101,117,138,152,157,158,184,216	135		155		73,80,115,119,155	135

Продолжение приложения 2В

Цвет	прозрачные	Прозрачность просвечивающие	непрозрачные	стеклянный	жирный	Блеск металлический			Иризация	Спайность совершенная (или ясная)	несовершенная		
						алмазный	перламутровый	шелковистый					
Серый	3,5,9,11,16,20,32,40,42,45,46,68,85,99,110,116,121,122,126,155,160,177,178,180,190	3,5,9,11,15,16,20,23,26,32,37,40,42,45,46,68,84,85,97,98,99,104,110,116,121,122,124,126,140,155,159,160,169,172,177,178,180,190,196,201	13,15,16,22,23,97,99,101,121,122,124,126,159,169,177,178,193,195,196,201	3,9,11,13,15,16,20,26,32,37,40,42,45,46,68,84,85,97,99,104,110,110,121,122,124,140,155,155,159,160,172,177,180,193,195,201	11,37,40,68,85,97,99,110,121,122,124,140,155,169,190,196		22,84,101	5,169,190,196	11,15,16,26,42,46,68,97,116,124,126,159,178,193	20,23,116,140,155,172	16,97	3,5,11,13,15,16,22,23,26,37,42,45,46,68,84,97,104,110,116,121,122,126,140,155,159,160,172,178,180,193,195,196,201	20,40,101,169,193
Свинцово-серый			36,44,49,113,131,182,192			36,44,49,113,131,182					36,44,49,113,131	182	
Стально-серый		87	38,58,65,76,87,138,163,168,200			38,58,65,76,138,163,168,200	87				38,58,65,87,200	163,168	
Красный	6,9,11,14,16,19,20,40,50,56,62,66,74,85,93,96,118,123,143,147,156,170,173,179,192,194,197	6,9,11,14,16,19,20,25,26,40,50,56,57,62,64,66,80,85,87,93,95,96,114,118,123,124,126,140,143,145,147,148,149,156,161,162,170,173,179,192,194,196,197,198,204	6,13,14,16,19,26,33,57,64,109,114,124,126,149,162,169,170,192,193,196,197	6,9,11,13,14,16,19,20,25,26,40,50,62,64,66,80,85,93,114,118,123,124,126,140,147,148,156,161,162,170,173,179,193,194,197,198,204	11,19,25,40,64,85,95,123,140,145,169,192,196		33,57,96,109,149,169	25,87,95,96,143,145,149,169,192,196	6,11,16,25,26,56,62,118,124,126,147,193,204	20,62,74,118,146	14	6,11,13,14,16,19,25,26,50,56,62,74,80,87,95,96,114,118,123,126,140,143,145,148,149,156,161,162,170,179,193,194,196,197,198,204	20,33,40,64,114,147,169
Розовый	27,40,85,93,100,126,156,161,170,173,179	27,40,85,93,100,126,148,156,161,169,170,173,179,198,204	13,93,126,169,170	13,27,40,85,93,126,148,156,161,170,173,179,198,204	40,85,169	-	169	100,126,204			13,27,100,126,148,156,161,170,179,198,204	40,169	
Медно-красный			33,109,120,129,136			33,109,120,129,136					120,129	33	

Продолжение приложения 2В

Цвет	прозрачные	Прозрачность просвечивающие	непрозрачные	стеклянный	жирный	Блеск металлический	алмазный	перламутровый	и Иризация	Спайность совершенная (или ясная)	несовершенная
Светло-синий	5,11,17,27,32,50, 74,91,121,170, 179,188	5,7,17,27,32, 37,50,54,72,91, 121,124,170,179, 188	7,17,27,30,72,170	7,11,17,27,32,37,50, 54,72,91,121,124,170, 179,188	11,30,37,54, 91,121		5	7,11,17,72, 188 124,188	17,121	5,7,11,17,27,37,50,54, 70,72,79,88,121,170,179, 188	91
Темно-синий, сине-зеленый	19,30,52,74,93, 173,202	19,20,88,93,173, 202	19,52,90,98,175, 202	19,20,72,88,93,98,173, 202	19,52,88,90, 98,175	90		88	20,71	19,74,88,90,202	20,98
Фиолетовый	19,20,66,85,91, 179	2,3,19,20,66,85, 91,179	175	2,3,19,20,66,85,91,179	19,30,85,91, 175			20		2,3,19,179	20,91
Зеленый	19,20,24,27,29, 40,42,64,70,122, 141,161,164,173, 176,179,186,191, 192,197,202	4,19,20,24,27,29, 40,42,55,64,70,72, 75,85,88,103,106, 114,122,128,135, 141,146,153,161, 164,169,171,173, 179,180,192,197, 202	1,4,13,24,27,35, 42,43,63,72,103, 106,114,146,153, 161,163,169,174, 180,197	1,4,13,19,20,24,27,29, 40,64,70,72,75,85,88, 103,106,114,122,128, 146,164,171,176,179, 180,186,197	19,40,64,85, 88,122,135, 164,169,186, 192	29,35,43,163	24,135,169, 192	29,42,72,88, 4,20,35,103, 128,141,171, 106,164 174,191		1,4,13,19,20,24,27,29, 35,42,43,55,63,70,72,88, 91,103,106,114,122,128, 141,146,153,161,164,171, 174,176,179,180,186,191, 197,199,202	20,40,64, 114,135,164, 169
Светло-зеленый	27,32,41,66, 119,121,137,141, 155,173,179,180, 192	3,4,7,14,27,32, 37,39,41,66,69,85, 119,121,127,137, 141,146,153,155, 159,172,173,179, 180,192,201	3,4,14,27,41,52, 85,119,122,146, 166,195,193	3,4,7,14,27,32,37,39, 41,66,69,85,119,121,122, 127,141,146,155,159, 166,172,173,179,180, 193,195	7,37,52,69, 85,119,121, 122,155,192, 193		192,137	7,41,127, 4,39,155,172	14	3,4,7,14,27,37,41,69, 119,121,122,127,141,146, 153,155,159,166,172,179, 180,195,201,251	
Черный		1,5,10,29,40,53, 85,93,125, 146,149,162	1,10,36,40,47,48, 53,57,61,64,65,78, 79,84,93,102,103, 104,105,107,117, 125,130,131,134, 146,149,154,162, 168,169,173,175, 181,190,191,197, 198,199,200	1,29,48,61,64,78,85, 93,102,103,104,125, 146,154,157,162,173,197, 199	10,47,57,64, 79,85,105, 164,169,175, 190	29,36,47,48, 53,57,65,78, 79,84,105, 107,117,125, 131,134,149, 165,168,181, 198,200	5,10,47,53, 130,169,190	29,154,191	102,103	1,5,10,29,36,47,48,61, 65,78,84,102,104,107, 117,130,131,134,146,149, 154,162,165,169,190, 191,197,199,200	21,40,64, 168,169,181
Темно-серый		12,41,67,142	12,41,59,90,128, 167,182,199	41,128,142,199	12,41,67,90	167,182	12,59,67	41,128,142	59	12,41,59,90,128,142,199	182

Продолжение приложения 2В

Цвет	прозрачные	Прозрачность просвечивающие	непрозрачные	стеклянный	жирные	Блеск металлический	алмазный	перламутровый	шелковистый	Иризация	Спайность совершенная (или ясная)	несовершенная
Красноватый	11,46,62,100, 118,123,126,131, 147,165,194	11,25,46,57,62, 94,100,118,123, 124,126,131,145, 147,149,165,194, 204	33,43,57,123, 126,149,183	11,25,46,62,94,118, 123,124,126,147,194,204	11,25,123, 124	33,43,57, 131,149,165	25,131,145, 149,165	11,25,46, 62,94,100, 118,124,126, 147,204	118		11,25,43,46,62,94,100, 118,123,126,131,145,1 49, 165,194,204	33,133,147
Желтый	5,9,20,26,27,32, 40,41,50,56,66, 68,69,73,85,86, 91,110,122,130, 141,165,170, 177,178,179,180, 186,188,190,192	5,9,10,15,20,25, 26,27,32,37,39,40, 41,50,56,59,66,68, 69,72,73,80,85,86, 91,110,122,130,141, 151,154,165,170, 177,178,179,180, 186,188,190,192, 196,198	15,22,26,27,72, 73,77,108,111, 114,119,130,132, 153,154,169,170, 177,183,196	9,15,20,25,26,27,32, 37,39,40,41,50,66,68, 69,72,73,80,85,86,91, 93,110,114,119,122, 124,127,141,161,170, 176,177,179,180,186, 188,198	10,25,37,40, 41,68,69,85, 91,110,119, 122,124,135, 151,169,186, 190,192,196	22,77,108, 111,132,165, 183	5,10,25,59, 130,135,151, 165,169,176, 190,192,196	15,25,41,56, 68,72,124, 127,141,154, 178,188	20,39,59, 188		5,10,15,22,25,26,27, 37,39,41,50,56,59,68 69,72,73,80,110,111, 119,122,127,130,141 153,154,161,165,170	20,40,66, 91 108,135,1 51 169,183
Золотисто-, медово-желтый	27,41,85,170	27,41,85,170	10,27,41,77,132	27,41,85,170	10,41,85	77,132	10				10,27,41,170	
Оранжевый	192	151,192	192	151,192	151,192		192					151
Бурый	26,29,40,41,56, 69,85,91,96,122, 173,178,190,192, 194	10,13,26,29,35,38, 40,41,62,64,67,69, 84,85,91,96,102, 107,110,114,122, 124, 125, 135, -M8, 162,165,169,173, 178,190,192,194, 198	10,13,26,31,35, 41,47,48,59,61,69, 84,97,102,107,114, 124,125,150,162, 165,169,196	13,26,29,31,40,41,48, 61,64,69,85,91,97,102, 110,114,122,124,125, 148,150,162,173, 194,198	10,31,40,41, 47,67,69,85, 91,110,122, 124,135,138, 169,190, 192,196	35,38,47,48, 84,96,107, 165	10,47,59,67, 96,135,169, 190,192,196	29,31,41,97, 124,178	35,59,102	31,97	10,13,26,29,31,35,38 41,47,48,59,61,69,84 96,97,102,107,110,1 14,	40,64,91 125,135,1 69
Светло-бурый	26,73,74,116, 119,155,162,191	1,10,15,25,26,39, 73,94,104,116, 119,155,162,176, 191	1,10,15,25,26, 39,104,119,120, 162,191	1,15,25,26,73,94,104, 116,119,155,162,176,241	10,25,119, 155	120	10,25	15,25,26,94, 116,191	39,74,155		1,10,15,25,26,39,73, 74, 94, 104, 116,119, 120, 155,162,176,191	20,33,40, 91,182
Желто-бурый	17,32,126	17,32,102,126, 154,198	17,102,104,117, 126,154	17,32,102,104,126,154, 198	102	117		17,126,154	102	17,198	17,102,104,107,117, 126, 154	
Синий	17,20,47,40,50, 74,91,93,160,170, 173,179,188,197	17,19,20,27,30, 31,39,40,50,54, 84,91,93,97,160, 170,173,179,188, 197	17,19,23,27,31, 33,72,84,97,162, 182,197	17,19,27,40,50,54,72, 91,93,97,160,162,170 173,179,188 197	19,30,31,40, 54,91,97, 124,164	33,182		17,31,54,72, 97,124,188	23,39,74,188	17,31,97	23,27,31,39,50,54,72,7 4, 79,84,97,160,170,179, 188,197	20,33,40, 91,182